Ueber

Regeneration, Degeneration und Architectur des Rückenmarkes.

Der

Medicinischen Facultät zu Rostock

als

Habilitationsschrift

vorgelegt von

Dr. P. Schiefferdecker,
Prosector an der Universität Rostock.

Mit drei Tafeln.

Berlin.
Gedruckt bei G. Reimer.
1876.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553624_0116

Ueber

Regeneration, Degeneration und Architectur des Rückenmarkes.

Der

Medicinischen Facultät zu Rostock

als

Habilitationsschrift

vorgelegt von

Dr. P. Schiefferdecker,
Prosector an der Universität Rostock.

Mit drei Tafeln.

Berlin.
Gedruckt bei G. Reimer.
1876.

Ueber

Regeneration, Degeneration und Architektur des Knochengewebes.

Der

Medicinischen Fakultät zu Rostock

als

Habilitationsschrift

vorgelegt von

Dr. P. Schiefferdecker.

Mit drei Tafeln.

Berlin.
Gedruckt bei G. Reimer.
1876.

Wie bekannt, ist Herr Prof. Goltz seit längerer Zeit mit Untersuchungen über die Functionen des Lendenmarks bei Säugethieren, speciell den Hunden, beschäftigt, deren Resultate auch bereits in mehreren Arbeiten von ihm und Herrn Dr. Freusberg zur öffentlichen Kenntniss gebracht worden sind. Zum Zweck der Untersuchung wurde bei einer sehr grossen Anzahl von Hunden (jetzt bereits über Hundert) das Rückenmark meist in der Gegend des X. Brustwirbels bis I. Lendenwirbels durchschnitten und die Thiere dann durch sorgfältige Pflege möglichst lange am Leben erhalten, um weiterhin zur Beobachtung und weiteren Experimenten zu dienen. Bei der Sorgfalt, mit der die Thiere gepflegt wurden, ward eine jede Störung ihres Wohlbefindens sofort bemerkt, man suchte nach der Ursache und kam so nach einiger Zeit dahin, eine so gute Behandlungsmethode empirisch festzustellen, dass nur sehr wenige Thiere nach der eingreifenden Operation starben, die bei Weitem meisten aber vollständig ihre Kraft und Gesundheit wiedererhielten, und sich beliebig lange am Leben erhalten liessen. Dieselben hatten einen so guten Appetit und waren so munter, als man nur von gesunden Hunden erwarten konnte, dass sie früher auch einmal über ihren Hinterkörper nach Gutdünken zu verfügen vermocht, hatten sie augenscheinlich nach kurzer Zeit völlig vergessen, und waren daher äusserst seelenruhig und gegen ihre Operateure sehr zärtlich und zutraulich, so dass die genauesten Beobachtungen an ihnen zu machen möglich war, und dieselben auch täglich gemacht wurden.

Es lag nun nahe, dieses ausgezeichnete Material, ein Material, wie es wohl bisher noch nie einem Forscher zu Gebot gestanden

hatte, zu benutzen, um die Frage über die Regeneration des Rückenmarks einer neuen Untersuchung zu unterziehen, und so vielleicht einmal zu entscheidenden Resultaten zu gelangen. Diese Frage hatte deshalb immer von jeher den Forschern, die sich mit ihr beschäftigten, so viele Schwierigkeiten bereitet, weil ausser der sehr grossen Schwierigkeit der Beschaffung des nöthigen Materials, zwei ganz verschiedene Arten der Beobachtung angewendet werden mussten, um zu einem Resultate zu kommen, nehmlich die physiologische und die mikroskopisch-anatomische, von denen jede für sich schon schwierig genug ist und viel Uebung erfordert, wenn man, wie nothwendig, mit einer gewissen Kritik zu Werke gehen will, zumal wenn es sich um einen so verwickelten Gegenstand, wie das Rückenmark, handelt. Ich hatte das Glück, dass mir die physiologische Beobachtung durch Goltz und Freusberg erspart wurde. Als Assistent an dem physiologischen Institute wurde ich durch die mündlichen Mittheilungen und die Arbeiten jener Herren mit den Ergebnissen ihrer Untersuchungen vertraut, und konnte mich täglich durch eigene Beobachtung von der Richtigkeit ihrer Ansichten überzeugen resp. mir eigene Ansichten bilden, wo ich mit jenen nicht übereinstimmte. Die mikroskopisch-anatomische Seite der Untersuchung bot mir keine besonderen Schwierigkeiten, da ich mich seit etwa drei Jahren unausgesetzt mit der Histologie des Rückenmarks und wiederum hauptsächlich derjenigen des Hundes beschäftigt hatte.

Ich habe ausdrücklich diese Dinge so eingehend besprochen, damit es nicht als eine Art von Anmaassung erscheine, wenn ich als jüngerer Forscher manche der bisher über unseren Gegenstand erschienenen Arbeiten einer gewissen Kritik unterziehe, welche zur Klarstellung des Standes der Fragen, mit denen wir uns hier beschäftigen, absolut nothwendig erscheint.

I. Pathologisch-anatomischer Theil.

a) Regeneration.

Man findet in der Literatur nicht viele auf den vorliegenden Gegenstand bezügliche Arbeiten, es ist dieses wohl eine Folge der Schwierigkeiten der Untersuchung.

Sehen wir nun, was über eine Regeneration des Rückenmarks in den verschiedenen Wirbelthierklassen bekannt.

An Fischen scheinen noch niemals solche Untersuchungen gemacht worden zu sein.

Ueber Amphibien besitzen wir zwei Arbeiten, von Masius und Vanlair und von H. Müller.

Masius und Vanlair[1]) schnitten bei Fröschen Stücke von 1—2 Mm. aus dem Rückenmark aus, und sahen dann in einer gewissen Anzahl von Fällen nach einer Zeit von wenigstens sechs Monaten eine Wiederherstellung der Leitung und zwar centrifugal früher als centripetal. Auch die mikroskopische Untersuchung des neugebildeten Gewebes ergab: vielstrahlige Ganglienzellen und Nervenfasern, die Anfangs den Remak'schen glichen, später aber ganz normal sich gestalteten.

Es ist nicht ganz leicht, sich ein Urtheil über diese Arbeit zu bilden, da die Angaben nur wenig objectiv gehalten sind, meist geben die Autoren gleich die subjective Deutung. Genauer beschrieben sind die Symptome eigentlich nur bei dem ersten gelungenen Froschexperimente, und da tritt es klar hervor, dass die Bewegungen, welche die Autoren sahen, und als willkürliche deuteten, keine solche waren, sondern einfache Reflexbewegungen, Sensibilitätsleitung war hier auch nicht vorhanden. Bei den späteren Beobachtungen heisst es nun aber viel kürzer „der Frosch verhielt sich wie ein gesunder" oder ähnlich, und da ist es denn natürlich für einen Fremden schwer über den Werth der ausgesprochenen Ansichten zu urtheilen. Indessen scheint in mehreren Fällen doch wohl Sensibilitätsleitung vorhanden gewesen zu sein. Die mikroskopische Untersuchung ist ebenfalls durchaus nicht beweisend, zumal was die neugebildeten Ganglienzellen anbetrifft, die, nach Abbildung und Beschreibung zu schliessen, ebensogut Bindegewebszellen gewesen sein können. Ich muss daher sagen, dass ich diese Arbeit (indess nur so weit sie die Regeneration des Rückenmarks anbetrifft) vorläufig als nicht vorhanden ansehen möchte, da sie weder für noch wider Entscheidendes bietet.

H. Müller[2]) untersuchte das Rückenmark in den neugebildeten

[1]) Recherches expérimentales sur la régénération anatomique et fonctionnelle de la moëlle épinière. Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Académie royale etc. de Belgique. T. XXI. 1870.

[2]) Ueber Regeneration der Wirbelsäule und des Rückenmarkes bei Tritonen und Eidechsen. Frankfurt 1864.

Schwänzen von Tritonen und Eidechsen und ihm verdanken wir daher auch zugleich die einzige Mittheilung über Rückenmarksneubildung bei Reptilien. Sowohl bei Tritonen als auch bei Eidechsen fand er das neugebildete Mark dem alten durchaus ähnlich, und wenn wir nun weiter nichts darüber erführen, würden wir nach dieser Angabe also eine Regeneration annehmen müssen, glücklicherweise aber untersuchte Müller, bei den Eidechsen wenigstens, auch die functionelle Wiederherstellung und fand diese gleich Null. Nur so lange noch ein, wenn auch kleines Stück des alten Rückenmarks noch mit dem Schwanze in Verbindung war, waren reflectorische und automatische Bewegungen desselben möglich. Bei den Tritonen wurden diese Versuche nicht angestellt, die hier regenerirten Partien der Schwänze waren allerdings auch nur sehr klein. Hiernach sind wir nun aber gezwungen zu sagen, dass eine Regeneration des Rückenmarks hier nicht stattgefunden hatte, denn diese muss sowohl anatomisch wie physiologisch sein.

Von den Vögeln hat die Taube allein derartigen Untersuchungen gedient, über sie finden sich mehrere Angaben von Brown-Séquard und eine von Voit.

Im Jahre 1849 berichtet Brown-Séquard[1]) von einer Taube, welcher das Rückenmark hinter der Flügelanschwellung quer durchschnitten worden war und die nach etwa 6 Monaten Anfänge von willkürlichen Bewegungen gezeigt habe.

In dem darauf folgenden Jahre erzählt Brown-Séquard[2]) von einer erwachsenen Taube, bei welcher nach vollständiger Rückenmarksdurchschneidung nach 3 Monaten Verwachsung der Schnittenden gefunden wurde. An den Pfoten, dem Schwanze, dem Anus waren sehr kräftige Reflexbewegungen vorhanden, aber nur Spuren von willkürlichen Bewegungen. Follin fand bei der mikroskopischen Untersuchung in der Narbe Ganglienzellen und Nervenfasern, aber weniger als im normalen Zustande.

Die wichtigste Mittheilung von Brown-Séquard[3]) rührt aus dem Jahre 1851 her. Bei einer Taube wurde das Rückenmark in

[1]) Gazette médicale 1849. p. 232 und Comptes rendus des séances et mémoires de la société de biologie. T. I. 1849. Paris. p. 17 (in beiden wird wohl von derselben Taube gesprochen).

[2]) Gazette médicale 1850. p. 250.

[3]) Gazette médicale 1851. p. 477.

der Gegend des V. oder VI. Brustwirbels vollständig durchschnitten. Es zeigte sich eine allmählich fortschreitende Wiederherstellung der Functionen, die genauer geschildert wird. Nach 15 Monaten war die Motilität sowohl wie die Sensibilität wieder völlig hergestellt, nur war der Gang noch etwas steif. Die mikroskopische Untersuchung fehlt.

Sehr interessant ist die Beobachtung von Voit[1]) gemacht nach Abtragung der Hemisphären des Grosshirns bei einer Taube. Unter anderen wurde eine junge Taube operirt, bei der sicher beide Grosshirnhemisphären ganz entfernt wurden. Das Thier gewann mit der Zeit wieder soviel Intelligenz zurück, dass es sich von einem gesunden nur noch dadurch unterschied, dass es nie von selbst frass. Nach 5 Monaten wurde es getödtet. An Stelle der Hemisphären zeigten sich zwei weisse Halbkugeln von der Consistenz des Gehirns, zwischen ihnen ein Septum, in jeder eine Höhle. Die ganze Masse bestand aus vollkommenen doppelt conturirten Nervenfasern und dazwischen eingelagerten Ganglienzellen und ging in die Grosshirnschenkel über.

Wir kommen nun endlich zu der höchststehenden Klasse der Wirbelthiere, den Säugern.

Es giebt hier einige Arbeiten von Dupuy, H. Valentin, Schrader, Walter über Regeneration von Ganglien, so des N. vagus, des N. sympathicus. Diese können wir hier wohl ruhig bei Seite lassen, da sie für das Rückenmark doch in keiner Weise beweisend sein würden. Uebrigens widersprechen sich die Angaben der verschiedenen Autoren, so dass auch diese Frage eine noch völlig offene ist.

Ueber die Regeneration des Rückenmarks bei Säugethieren kenne ich nur zwei Arbeiten, die beide unter Leitung von Naunyn gemacht worden sind, und auf die ich jetzt näher eingehen will. Ich werde hier zu meinem Bedauern sehr ausführlich sein müssen, da ich zu zeigen versuchen werde, dass beide Arbeiten nicht das beweisen, was ihre Verfasser durch sie beweisen wollen, sondern, wenn überhaupt etwas, nur das Gegentheil von jenem.

Die erste, eine Doctordissertation von Paul Dentan[2]), ist

[1]) Sitzungsberichte der kgl. bayer. Akademie der Wissenschaften zu München. Jahrg. 1868. Bd. II. S. 105.

[2]) Quelques recherches sur la régénération fonctionnelle et anatomique de la moëlle épinière par Paul Dentan. Dissert. inaug. Berne 1873.

deshalb so interessant, weil sie uns den Schlüssel zur richtigen Würdigung der zweiten giebt, welche von Naunyn und Eichhorst zusammen in Königsberg gefertigt wurde. Dentan hat augenscheinlich der Hauptsache nach die ihm von Naunyn mitgetheilten Ansichten niedergeschrieben, und das in einer so objectiv-naiven Weise, dass es sehr viel Vergnügen macht, das Buch zu lesen. Hat man nun aber einmal jene Ansichten und die Art und Weise der Untersuchung Naunyn's kennen gelernt, so kann man die zweite Arbeit ihrem Werth nach viel besser beurtheilen.

Dentan operirte an 7 jungen 4—5 Tage alten Hunden, die dann von der Mutter weiter ernährt wurden. Er durchschnitt theils einfach das Rückenmark, theils schnitt er daraus Stücke von 3—7 Mm. heraus. Die Operation wurde ausgeführt zwischen dem X. Dorsal- und II. Lendenwirbel (wobei Dentan übrigens übersieht, dass die Hunde 13 Dorsalwirbel haben und nicht 12, wie der Mensch). Drei von den Hunden starben bis zum 5. Tage, die anderen aber erreichten, nach Dentan, das gewöhnliche Ziel: eine mehr oder weniger vollständige Regeneration des Rückenmarks. Die Beweise, die er hierfür beibringt, sind theils physiologische (der Hauptsache nach), theils anatomische. Mit grosser Genauigkeit und Objectivität theilt er in der That die bei den einzelnen Hunden gemachten Beobachtungen mit, und dafür müssen wir ihm sehr dankbar sein, denn nur hierdurch ist der Leser in den Stand gesetzt, sich davon zu überzeugen, wie nichtig die Schlüsse sind, welche Dentan aus diesen Beobachtungen mit Hülfe falscher Deutung derselben zieht. Der Hauptfehler, den der Beobachter macht ist der, dass er, ohne die geringste Kritik anzuwenden, jede Reflexbewegung, welche sich an dem Hinterkörper des Hundes zeigt, für eine willkürliche hält: „L'animal . . . . mouvant d'une manière non douteuse et volontaire ses extrémités postérieures", das ist die so gewöhnliche, ohne eine Spur von Beweis dastehende Phrase. Einen sehr eigenthümlichen Eindruck macht es, wenn man in den Krankengeschichten liest, dass bei jedem der 4 Hunde zuerst eine ziemlich schnell eintretende Regeneration beobachtet wird, die dann aber auf einmal stille steht, ohne jemals wieder einen neuen Fortschritt zu zeigen. Natürlich, die Reflexbewegungen treten bald auf und erreichen bald ihr Maximum, auf dem sie dann stehen bleiben!

Diese Bewegungen der Hinterfüsse nun, auf die alle Schlüsse gebaut werden, sind dreierlei Art:

1) Wenn man den Hund in der Hand hält, so dass der Hinterkörper herabhängt, so beugt und streckt er die hinteren Extremitäten.

2) Wenn man den Hund auf den Boden setzt, so: „ces dernières (les extrémités postérieures), bien que couchées à plat sur le sol, exécutent certains mouvements actifs en se contractant et contribuent ainsi dans une faible mesure à la progression en avant".

3) Die Hunde stehen mitunter auf allen vier Füssen und können sich sogar auf allen vieren eine kleine Strecke weit vorwärts bewegen, wobei sie indessen sehr oft hinfallen, und wobei die Hinterfüsse immer sehr seltsame und unregelmässige („type irrégulier et bizarre") Bewegungen machen.

Alle diese Bewegungen sind auch bei den Goltz'schen Hunden in schönster Ausbildung beobachtet worden, und sind hauptsächlich von Freusberg sehr eingehend studirt und beschrieben worden. Die beiden ersten sind absolut reine Reflexbewegungen, die dritte ist aus willkürlichen und Reflexbewegungen zusammengesetzt. Der Hund strengt nehmlich willkürlich seine Rückenmuskeln an, so weit sie vom Brustmark aus innervirt werden, um den Hinterkörper, den er als Last fühlt, zu heben, die Bewegungen der Hinterbeine sind dann wieder rein reflectorisch, da sie aber gewöhnlich immer abwechselnd das eine oder das andere auf den Boden strecken, so stützen sie den Hinterkörper, und ermöglichen so ein Vorziehen desselben durch die Vorderfüsse. Wenn die zufällige Stütze hinten einmal aufhört, was gewöhnlich nach kurzer Zeit geschieht, dann fällt das Thier eben hin.

Damit sich der Leser eine Vorstellung machen kann, wie der Verfasser beobachtet (was man sich sonst schwer vorstellen könnte), will ich nur ein Beispiel anführen (Seite 25):

„Petit chien B. (Opéré le 6 Mars après-midi). . . . .

13 Mars. La paralysie paraît ne plus être complète. Quand on tient l'animal dans la main, il remue ses extrémités postérieures en les fléchissant de temps en temps, et quand on le pose à terre, ces dernières, bien que couchées à plat sur le sol, exécutent certains mouvements actifs en se contractant et contribuent ainsi dans une faible mesure à la progression en avant. Voilà donc ici un mouvement

volontaire exécuté par les pattes de derrière une semaine déjà après l'opération qui, pour l'animal qui nous occupe, avait consisté dans l'excision d'un fragment de la moëlle de 6 à 7 millim".

Also 6—7 Mm. Rückenmark ausgeschnitten und eine Woche nachher bereits willkürliche Bewegungen! Merkwürdig ist nur, dass Dentan diese Thatsache nicht als einen Beweis dafür aufgestellt hat, dass noch Wunder geschehen, denn ein solches wäre eine derartig schnelle Regeneration doch wohl!

Als einen weiteren Beweis führt Dentan dann die Wiederherstellung der willkürlichen Harn- und Kothentleerung an. Ich bitte um Entschuldigung, wenn ich hier noch einmal einen Passus aus der Arbeit anführe, es ist indess nicht möglich, Dentan schlagender und kürzer zu widerlegen, als wenn man seine eigenen Worte anführt (Seite 30).

„ . . . . . On observe néansmoins que les animaux emettent d'une manière périodique, spontanée et evidemment volontaire leurs matières fécales et leurs urines. Pendant cet acte on peut voir clairement comment les sphincters de l'anus subissent des contractions toutes régulières et soumises à une impulsion volontaire de l'animal. Les fonctions des muscles sphincters de l'anus et de la vessie sont donc en bonne partie régénérées". Also schöne periodische willkürliche Contractionen des Sphincter ani! Natürlich handelt es sich hier nur um Reflexbewegungen, die bei allen Goltz'schen Hunden beobachtet und genau beschrieben worden sind.

Trotz dieser nach der Meinung des Beobachters so weit vorgeschrittenen Regeneration des Rückenmarks ist nun aber von einer sensiblen Leitung absolut nichts aufzufinden: er selbst giebt an, dass man die Hunde an ihrem Hinterkörper kneifen, bis auf's Blut quetschen, mit rothglühend gemachten Glasstäben brennen kann, ohne dass eine Spur von Empfindung sich zeigt. Und doch kommt er nicht darauf, dass die Bewegungen Reflexbewegungen sind!

Ja noch mehr, er studirt die Reflexbewegungen speciell, und findet, dass bei denjenigen beiden Hunden, bei denen die Regeneration am weitesten vorgeschritten ist, auch die Reflexbewegungen sehr stark ausgebildet sind, während dieselben bei den anderen beiden, die nur eine sehr geringe Regeneration zeigen, fast Null sind, und doch kommt ihm nicht der Gedanke, dass diese „willkürlichen" Bewegungen eben nichts als Reflexbewegungen sind!

Soweit die physiologische Beweisführung. Ich habe dieselbe hier so ausführlich besprochen, da wir grösstentheils wenigstens dieselben Beweise auch in der zweiten Arbeit von Naunyn und Eichhorst wiederfinden. Wie sehr übrigens Naunyn von der Richtigkeit der eben angeführten physiologischen Beobachtungen überzeugt war, geht schon daraus hervor, dass er die Hunde der Société de médecine de Berne vorstellte als solche, bei denen eine ziemlich vollständige Regeneration eingetreten wäre, wie Dentan (Seite 28) triumphirend mittheilt.

Was den mikroskopischen Nachweis anlangt, so ist derselbe ebensowenig geführt, wie der physiologische, es lohnt indess wirklich nicht, hier noch näher darauf einzugehen, da er sich durch sich selbst widerlegt.

Gehen wir nun zur Besprechung der zweiten Arbeit über, welche Naunyn und Eichhorst gemeinsam veröffentlicht haben[1]).

Die Arbeit berücksichtigt vorwiegend die histologischen Vorgänge der Regeneration, welche auch in diesem Falle und zwar wiederum an jungen wenige Tage nach der Geburt operirten Hunden beobachtet wurde. Die physiologische Beweisführung ist ausserordentlich kurz, und daher, wie ich schon früher anführte, ihrem Werthe nach erst zu würdigen, wenn man die Arbeit von Dentan vorher kennt, denn die Beobachtungen, welche zum Beweise der physiologischen Regeneration beigebracht werden, sind genau dieselben, wie in jener ersten Arbeit. In Folge dessen wird natürlich auch wieder angegeben, dass die Bewegungen des Hintertheils stets etwas „Ataktisches“ behalten (S. 248): „Die Hunde schleudern mit demselben (dem Hintertheil) hin und her, und auch die einzelnen Bewegungen der Hinterbeine bleiben sehr unzweckmässig und noch weit entfernt selbst von der so jungen Hunden gewöhnlichen eigenthümlichen Ungeschicklichkeit.“ Ferner hört natürlich auch wieder die Besserung nach kurzer Zeit auf und die Hunde verharren in demselben Zustande. Endlich fehlt auch nicht das wichtige Moment, dass die Sensibilität sich nicht wiederherstellt. Die Verfasser sagen allerdings, sie sei „in sehr geringem Grade“ wiederhergestellt gewesen, indessen möchte ich dieser Behauptung nicht allzuviel Vertrauen schenken, denn der ganze Beweis dafür ist: dass die Hunde bei den intensivsten Reizen, z. B. Brennen der Haut des Schwanzes oder der Hinterbeine,

[1]) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Bd. II. 1874.

höchstens „ein leichtes Umwenden des Kopfes oder einen schwachen Fluchtversuch“ zeigten. Ich habe genug Experimente derart gesehen, um zu wissen, dass auf solche Anzeichen gar nichts zu geben ist, da diese Bewegungen einen viel zu unbestimmten, der mannichfachsten Deutung fähigen Charakter haben, als dass sie etwas beweisen könnten.

Die physiologische Beweisführung können wir nach dem Vorhergesagten also wohl als nichtig erklären. Eichhorst scheint sich übrigens ohne jede Kritik diesen Ansichten angeschlossen zu haben, denn nichts ist seit der Dentan'schen Arbeit verändert. Wird die Regeneration nun durch die mikroskopische Untersuchung erwiesen? Nein, auch dieses nicht. Die Sache liegt vielmehr folgendermaassen. Aus der sehr sorgfältigen mikroskopischen Untersuchung, der ich, wenigstens so weit Positives behauptet wird, volles Vertrauen schenke, geht hervor, dass sich sicher Nervenfasern in der Rückenmarksnarbe fanden. Dieses beweist indess noch keine Regeneration. Erstens nehmlich hatten die Nervenfasern durchaus den Charakter peripherer Nervenfasern, abweichend von denen des Rückenmarks, und in einem Falle konnte sogar ihr Zusammenhang mit dem Ganglion der sensiblen Wurzel nachgewiesen werden. Eichhorst selbst lässt es daher durchaus unentschieden, ob eine Regeneration des Rückenmarks, sei es auch nur der Fasern desselben, in der That stattfinde, ja neigt sich eigentlich ziemlich entschieden der Ansicht zu, dass eine solche Regeneration nicht statthabe, sondern dass in allen diesen Fällen die Verknüpfung der beiden Rückenmarksenden durch die austretenden Wurzelfasern bewirkt worden sei. Dass eine solche Verknüpfung überhaupt wirklich stattgefunden habe, dafür liefert er weiter keinen anatomischen Beweis, was von seinem Standpunkte aus auch nicht nöthig war, da er die physiologischen Beobachtungen ja schon als beweisend ansah. Wir müssen daher, da wir jenen Beweis als nichtig verworfen haben, sagen, dass Eichhorst überhaupt keinen Beweis für eine wirkliche Verknüpfung der Rückenmarksenden geliefert hat; bewiesen ist nur, dass sich in der Narbe Nervenfasern fanden, nicht aber, dass sie auch durch die ganze Narbe hindurch und auf der anderen Seite in die weissen Stränge hineintraten.

Setzen wir aber selbst den Fall, dass diese Fasern von dem Ganglion ausgehend mit den Fasern der weissen Stränge des unteren

Rückenmarksstumpfes zusammengewachsen wären (was übrigens an sich kaum denkbar ist), so wäre immer noch keine Rückenmarksregeneration da, denn anatomisch fehlt sie ja in diesem Falle und functionell fehlt sie ebenfalls, da keine einzige willkürliche Bewegung beobachtet wurde, ebensowenig wie Sensibilitätsleitung.

Ja nehmen wir endlich sogar an, dass die gesehenen Fasern wirklich Rückenmarksfasern waren, die beide Stümpfe verknüpften, und nehmen wir an, dass die Deutung der physiologischen Beobachtungen in der That eine richtige war, so beweist dieses immer noch nicht das Vorkommen einer Rückenmarksregeneration, da die Untersucher sich durch die Art ihrer Operation eine absolut uncontrolirbare Fehlerquelle schufen. Da nehmlich nach der Durchschneidung sich eine feste Bindegewebsnarbe bildete, welche die Untersuchung sehr erschwerte, so kamen die Untersucher auf den ingeniösen Gedanken, das Rückenmark ohne Oeffnen der Häute, einfach durch Stossen mit einem Glasstäbchen zu zerquetschen. Es war hierbei natürlich absolut unmöglich zu controliren, ob nicht eine geringe Anzahl von Rückenmarksfasern, wenn auch nicht unversehrt blieben, so doch nur verhältnissmässig wenig beschädigt wurden, so dass nur eine Erholung (sit venia verbo) der Faser einzutreten brauchte, aber keine wirkliche Regeneration. Ja für diese Annahme würde sogar sehr bedeutend der Umstand sprechen, dass constant viel mehr regenerirte Fasern in den Vordersträngen getroffen wurden als in den Hintersträngen, welche letztere bei dem Zerquetschen natürlich weit mehr mitgenommen werden mussten als jene, welche sie gewissermaassen schützten. Wenn nun Eichhorst, um diesen Einwand zu widerlegen, anführt, dass die Thiere nach der Operation keine Spur von willkürlichen Bewegungen oder von Empfindung gezeigt hätten, so beweist das selbstverständlich gar nichts, denn erstens müssen sich die beschädigten Nervenfasern wieder erholen, und wir wissen bis jetzt noch durchaus nicht, wie lange eine Rückenmarksfaser dazu braucht, und zweitens, wenn selbst diese Erholung eingetreten ist, braucht noch durchaus nicht willkürliche Bewegung oder Empfindung beobachtet zu werden, da die Zahl der leitenden Fasern eine zu geringe sein kann. Dieser letztere Fall würde z. B. grade für die Thiere von Eichhorst und Naunyn passen, bei denen keine einzige Beobachtung gemacht wurde, welche für eine functionelle Regeneration spricht.

Auf die weiteren in dieser Arbeit mitgetheilten Beobachtungen über degenerative Prozesse im Rückenmark, werde ich theils weiter unten, theils in einer demnächst erscheinenden Arbeit eingehen.

Wenn wir nach dieser Besprechung der einschlägigen Literatur die bisher gewonnenen Resultate überblicken, so kommen wir zu dem Schlusse:

Dass bis jetzt nur bei der Taube ein Regenerationsvorgang im centralen Nervensystem wirklich beobachtet zu sein scheint, und zwar sowohl im Rückenmark (Brown-Séquard 1851) als auch im Gehirn (Voit),

dass wir über die Amphibien und Fische in dieser Hinsicht nichts wissen,

dass bei den Reptilien die Beobachtungen von Müller direct gegen eine Regeneration sprechen

dass endlich die Arbeiten, welches die Säugethiere betreffen, obgleich die Verfasser sich ganz oder theilweise für eine Regeneration aussprachen, doch eigentlich geradezu Beweise gegen eine solche sind.

Was nun meine eigenen Untersuchungen anbetrifft, so wurden dieselben an Hunden gemacht, die nicht gleich nach der Geburt, sondern erst im Alter von einigen Monaten operirt worden waren. Die Operation bestand in vollständiger querer Durchschneidung des Rückenmarkes sammt den Häuten. Die Thiere hatten sehr verschieden lange nach der Operation gelebt, von nur wenigen Tagen an bis zu 238, 272, 397 Tagen. Diejenigen, welche lange Zeit nach der Operation gelebt hatten, waren niemals an den Folgen derselben zu Grunde gegangen, sondern wurden, während sie sich im besten Wohlsein befanden, da es keinen Zweck hatte, sie länger am Leben zu erhalten, zu anderen Experimenten benutzt, bei denen sie zu Grunde gingen.

Physiologisch war bei keinem der beobachteten Thiere irgend ein Symptom nachzuweisen, das für eine Regeneration des Markes gesprochen hätte. Die Reflexbewegungen waren dagegen bei den meisten sehr schön und lebhaft.

Bei der Section zeigten sich die beiden Rückenmarksenden schon nach 10—14 Tagen durch Bindegewebe so fest verbunden, dass man das Rückenmark an einem Ende als Ganzes aufhängen konnte. Bei längerer Lebensdauer der Thiere nach der Operation

war die Verbindung meist eine so innige, dass man nur eine ganz geringe Difformität an der Stelle der Narbe bemerkte, ja in einem Falle war nur an einer stärkeren Pigmentirung der Rückenmarkshäute oberhalb und unterhalb der Narbe der Sitz der letzteren zu erkennen, so vollkommen hatte sich jede Difformität ausgeglichen. Häufiger wurde beobachtet, dass der obere Rückenmarksstumpf dicht oberhalb der Narbe nach hinten zu eine leichte Auftreibung erkennen liess, die indess nicht durch eine Höhlenbildung bewirkt wurde, da der Stumpf sich immer durchaus solide zeigte. Sodann folgte in der Narbe auf der hinteren Seite oft eine leichte Depression, aus der dann der untere Rückenmarksstumpf leicht ansteigend sich entwickelte. Auf der vorderen Seite war die Narbe stets glatt und ging ohne Vorwölbung oder Vertiefung in ganz gleichem Niveau in die vorderen Rückenmarksstränge über. An dieser Seite war die Narbe dann oft mit dem Periost des Wirbelkörpers eng verwachsen. Die Rückenmarkshäute gingen stets sämmtlich in die Narbe über. Das Rückenmark selbst erschien äusserlich stets durchaus normal.

Die Methode der Erhärtung und Untersuchung war die gewöhnliche. Das frische Rückenmark wurde nach Spaltung seiner Hüllen in toto in eine 2procentige Lösung von doppeltchromsaurem Kali gelegt, und in dieser, die oft gewechselt wurde, bis zur genügenden Erhärtung (etwa 3—5 Wochen) liegen gelassen. Doppeltchromsaures Ammoniak zeigte keinen Vortheil, wohl aber den Nachtheil des bedeutend höheren Preises.

An der Stelle der Narbe pflegte sich das Rückenmark während dieses Härtungsprozesses einzuknicken und mehr difform zu werden als es im frischen Zustande war. Nach genügender Härtung wurde dasselbe gründlich ausgewässert und dann bis zum Gebrauch in Alkohol aufbewahrt.

Um das Vorhandensein resp. Nichtvorhandensein einer Regeneration nachzuweisen wurde sodann die Narbe mit einem etwa 5 bis 8 Mm. langen Stücke des Rückenmarksstumpfes jederseits herausgeschnitten und mittelst eines Mikrotoms in aufeinanderfolgende Längsschnitte zerlegt, welche alsdann in einer Menge kleiner Gefässe ausgespült, mit Osmiumsäure gefärbt, und endlich auf die gewöhnliche Weise nach Entwässerung und Aufhellen durch Nelkenöl, in Canadabalsam, gelöst in Nelkenöl, eingeschlossen wurden. Die

Osmiumsäure färbte sehr intensiv, und zeigte sich als dem Hämatoxylin und Carmin vorzuziehen.

Ich muss gestehen, ich war einigermaassen begierig auf die Durchsicht der aus der ersten von mir untersuchten Narbe gewonnenen Schnitte, denn das Thier hatte 238 Tage gelebt, war völlig genesen von den Folgekrankheiten der Operation, und war durch seine ausserordentliche Lebendigkeit und seine graciösen Bewegungen unser aller Liebling gewesen, kurz es war ein glänzendes Untersuchungsobject: aber keine Spur von Regeneration war aufzufinden, auch nicht eine Nervenfaser war in der Narbe zu erkennen, auch nicht eine Nervenfaser ging von den abgerundeten Stümpfen in die Narbe hinein. Und derselbe Befund zeigte sich in den übrigen von mir untersuchten Fällen. Nachdem ich eine Anzahl guter Fälle in dieser Weise verarbeitet hatte, verzichtete ich in der Folge auf diese Untersuchung der Narbe, die mir stets das Rückenmark zur Untersuchung auf secundäre Degeneration theilweise verdarb, und beschränkte mich auf diese letztere, die ja übrigens an sich schon ein vollgültiger Beweis der nicht wiederhergestellten Verbindung der beiden Rückenmarksenden war.

Die nähere Betrachtung der Narbe zeigte nun sehr einfache Verhältnisse. Die Narbe bestand aus sehr festem dichtem fibrillärem Bindegewebe, in welches die Rückenmarkshäute allmählich und vollständig übergingen. Es wurde auf diese Weise eine Art Doppelbecher gebildet, in welchem auf jeder Seite der Rückenmarksstumpf lag. Dieser war konisch, abgerundet, und an seinem Ende gingen die Nervenfasern der weissen Stränge, welche gemäss der konischen Form sich nach dem Ende zu ein wenig zu einander bogen, so dass die graue Substanz fast zwischen ihnen verschwand, ganz allmählich ebenfalls in leicht gewellte Bindegewebszüge über, von denen dann, besonders von der Spitze und den dieser nahe gelegenen Theilen aus, Bindegewebszüge in die Narbe traten. Es folgt hieraus, dass die Verbindung der eigentlichen Rückenmarkssubstanz mit dem Narbengewebe eine nicht so absolut feste war, wie die der Häute, und in der That lernte ich später, dass man diese Stümpfe ohne zu grosse Mühe aus den Bechern herausziehen konnte, ohne dass ihre konische Form verloren ging. Sie sassen eben in ihren Bechern etwa wie Eicheln in ihren Schälchen.

Ich erwähnte oben, dass der obere Rückenmarksstumpf dicht

oberhalb der Narbe auf der hinteren Seite mehrfach eine Auftreibung zeigte, diese wurde, wie die mikroskopische Untersuchung lehrte, hervorgerufen durch ein Umbiegen nach aussen ganzer Züge von Fasern der Hinterstränge, so dass diese dann zwischen den Häuten und den eigentlichen weissen Strängen lagen; wodurch diese Erscheinung bewirkt wurde, ist mir nicht klar geworden.

Ich konnte also durch meine anatomische Untersuchung nur das bereits gewonnene Resultat der physiologischen bestätigen: eine Rückenmarksregeneration hatte in keiner Weise stattgefunden. Dadurch wurde dann wieder rückwärts bestätigt, dass alle jene complicirten Bewegungen, welche zur Beobachtung gekommen waren, wirklich reine Reflexbewegungen waren, wie das aus physiologischen Gründen schon angenommen worden war.

Wir können hier jetzt noch zwei von Westphal gemachte, weiter unten näher besprochene Versuche anführen, in denen er mittelst eines Drillbohrers bei Hunden ein Loch durch den Wirbel und das ganze Rückenmark bohrte und nachdem die Thiere 2 bis 3 Monate gelebt hatten, secundäre Degeneration fand. In diesen Fällen, in denen bei völlig ungestörtem Wohlsein des grössten Theils des Rückenmarkes bei völlig normaler Circulation nach dieser geringen Verletzung, sich keine Spur von Regeneration an der Verwundungsstelle, wohl aber secundäre Degeneration zeigte, sind recht bezeichnend dafür, wie wenig Regenerationsfähigkeit das Rückenmark besitzt. Hier war ja auch nicht einmal eine dickere Bindegewebsnarbe zu durchdringen, obgleich wir ja an den peripheren Nerven sehen, dass eine solche kein Hinderniss bietet, und, wenn die Beobachtung von Brown-Séquard richtig ist, auch bei Tauben für das Rückenmark kein Hinderniss abgiebt.

Wir sehen also, dass weder, wenn die Rückenmarksverletzung bei ganz jungen Thieren, wie bei Dentan und Eichhorst-Naunyn, gemacht wurde, noch, wenn sie bei im kräftigsten Jugendalter stehenden Thieren ausgeführt wurde, die sich von der Operation gänzlich erholten, bis jetzt eine Regeneration des Rückenmarkes beobachtet werden konnte. Angesichts dieser Resultate ist man aber, wie ich glaube, wohl berechtigt, zu sagen, dass dem Rückenmarke, der höheren Säugethiere wenigstens, die Fähigkeit sich zu regeneriren nicht innewohne. Wie sich die Sache bei den niederen Säugern stellt, müssten erst neue Untersuchungen lehren. Für die mensch-

liche Therapie ist dieses Resultat allerdings ein höchst trauriges, zumal, nachdem die letzten Untersuchungen zu Hoffnungen zu berechtigen schienen.

Wenn in der Klasse der Vögel eine Regeneration wirklich eintreten kann, so ist sehr möglich, dass eine solche auch in den niederen Wirbelthierklassen noch vorkommt, wenn es erlaubt ist nach der vielfach bestätigten Erfahrung so zu schliessen, dass je niedriger ein Thier in der Reihe der Wesen steht, in um so ausgedehnterer Weise Regenerationen seiner Gewebe möglich sind. Eichhorst behauptet allerdings in seiner oben citirten Arbeit (S. 228), dass er diesem Satze „ein nicht ungerechtfertigtes Misstrauen entgegenbringen müsse", indessen scheint mir sein Rechtfertigungsgrund nicht sehr stichhaltig zu sein. Er stützt sich dabei nehmlich auf die Erfahrungen, die er bei seinen Untersuchungen über Regeneration durchschnittener peripherer Nerven gemacht hat [1]), wobei bei Fröschen die Regeneration langsamer eintrat als bei Kaninchen. Sie trat bei jenen aber also doch ein und Eichhorst selbst sagt daselbst S. 23. „Auch hier bestätigte sich meine Behauptung, dass der Frosch keineswegs ein für unsere Versuche ungeeignetes Thier sei." Es scheint also, dass Eichhorst bei seiner späteren Behauptung Regenerationsschnelligkeit und Regenerationsfähigkeit verwechselt hat, was allerdings nicht grade zur Richtigkeit des Schlusses beitragen konnte. Ich glaube, dass eine vergleichende Untersuchung der verschiedenen Thierklassen in Bezug auf die Regenerationsfähigkeit ihrer einzelnen Gewebe noch zu sehr weitreichenden und interessanten Schlüssen führen dürfte, denn da die Regenerationsfähigkeit eben doch nur eine Eigenschaft des Zellprotoplasmas ist, so würde man auf diese Weise eine vergleichende Physiologie der Zelle erhalten, wenigstens nach einer ihrer wichtigsten Eigenschaften hin.

b) Degenerationsprozesse.

In Folge jener oben beschriebenen Durchschneidungen des Rückenmarkes hatten sich, bei fehlender Regeneration, mehrere Degenerationsprozesse ausgebildet, welche ich hier einer Besprechung unterziehen will. Ich habe drei Arten beobachtet:

[1]) Ueber Nervendegeneration und Nervenregeneration. Dieses Archiv Bd. LIX. 1874. S. 1—25.

1) secundäre Degeneration (als Terminus technicus in dem zuerst von Türck gebrauchten Sinne),

2) traumatische Degeneration,

3) Höhlenbildung.

Jene ersten beiden werde ich in dieser Arbeit besprechen, die letzte in einer besonderen, die ich augenblicklich noch unter Händen habe.

Die Angaben über diese Art der Degeneration im Rückenmarke in Folge von Verletzungen und Erkrankungen im Gehirn und Rückenmark sind nicht zahlreich und beschränken sich zudem fast allein auf den Menschen. Nur zwei Beobachtungen an Thieren liegen vor.

Die bei weitem wichtigsten Angaben sind merkwürdigerweise die ältesten, welche Türck[1]) im Jahre 1851 veröffentlichte. Derselbe hatte eine Anzahl von Rückenmarkserkrankungen untersucht, entstanden in Folge von Erkrankungen gewisser Theile des Gehirns und auch des Rückenmarkes selbst. In allen Fällen fand er, dass bestimmte Faserzüge der weissen Rückenmarksstränge entweder durch das ganze Rückenmark hindurch, oder doch durch den grössten Theil desselben, erfüllt waren mit einer Menge von Körnchenzellen. Es war daher der Schluss, den Türck aus diesen Beobachtungen zog, durchaus gerechtfertigt, dass nehmlich die von Körnchenzellen durchsetzten Stränge bestimmte Leitungsbahnen seien. Dieselben konnten bis in die Medulla oblongata hinein, ja theilweise bis in die Grosshirnschenkel verfolgt werden. Die von ihm so festgestellten Bahnen waren folgende nach Gehirnerkrankungen:

1) Die Pyramiden-Seitenstrangbahn: „Ein Markstrang steigt von dem Grosshirnschenkel nach abwärts, indem er sich in die Längsfasern der gleichnamigen Brückenhälfte, sodann in die gleichnamige Pyramide fortsetzt, tritt an der Kreuzungsstelle der letzteren im verlängerten Marke (in einem Falle in zwei Fascikeln) auf die entgegengesetzte Seite, auf welcher er als hintere Hälfte des Seitenstranges bis in die Nähe des untersten Endes des Rückenmarkes nach abwärts läuft“ (S. 309).

Diese Bahn „leitet in centrifugaler Richtung eine vom Linsenkerne, Streifenhügel, Sehhügel, vom Marklager des grossen Gehirns ausgehende Strömung, von der sich indess nicht mit Gewissheit

[1]) Sitzungsber. der kais. Akad. der Wissenschaften zu Wien. 1851. Bd. VI. H. 3.

behaupten lässt, dass sie ein motorischer Impuls sei, nach der dem Gehirnheerde entgegengesetzten, dem leitenden Rückenmarksstrange dagegen gleichnamigen Körperseite. Die bezeichnete Bahn findet sich bei alten apoplectischen und encephalischen Heerden in den genannten Hirntheilen secundär erkrankt" (S. 309).

2) Die Hülsen-Vorderstrangbahn. „Ein zweiter Markstrang tritt gleichfalls von dem Grosshirnschenkel durch die gleichnamige Brückenhälfte als Längsfaserbündel hindurch, er kreuzt sich jedoch nicht im verlängerten Mark wie die Pyramiden, sondern steigt auf derselben Seite des Rückenmarkes als innerer Abschnitt des Vorderstranges nach abwärts, wo jedoch dessen secundäre Erkrankung etwas höher oben endet als jene des hinteren Abschnittes des entgegengesetzten Seitenstranges."

„Die Hülsen-Vorderstrangsbahn leitet einen vom Linsenkerne und Streifenhügel übertragenen Impuls in centrifugaler Richtung nach der der Seite des Gehirnheerdes und zugleich auch der leitenden Rückenmarksbahn entgegengesetzten Körperseite. Vermuthlich ist dieser Impuls ein motorischer. Die angegebene Bahn wurde bisher in Folge von alten Heerden im Linsenkerne und Streifenhügel erkrankt gefunden" (S. 310).

Ferner nimmt Türck in Folge von Befunden nach circumscripten Rückenmarkserkrankungen an:

1) „Der innere Abschnitt der Hinterstränge setzt sich in den zarten Strängen bis in die Keulen fort und scheint am Boden des 4. Ventrikels sein Ende zu erreichen. Auf dieser Bahn findet eine centripetale Nervenströmung statt (S. 310)

und:

2) Eine zweite gleichfalls centripetal leitende, oberhalb des Krankheitsheerdes im Rückenmarke secundär erkrankende Bahn findet sich wieder in der hinteren Hälfte der Seitenstränge vor. In dieser hinteren Hälfte geht somit eine centrifugale und centripetale Leitung vor sich. Erst am verlängerten Marke divergiren die in der hinteren Hälfte des Seitenstranges vereinigten Bahnen, die centrifugale kommt von den Pyramiden her, während die centripetale im verlängerten Marke sich immer nach rückwärts wendend bis zu den Corp. restiform. nach aufwärts steigt" (S. 310).

Türck theilt danach die weisse Substanz einer Rückenmarkshälfte in 6 Stränge, welche durch die Sulcus intermedii post. und

ant. und eine imaginäre Grenze in der Mitte der Seitenstränge von einander geschieden werden.

Im Jahre 1853 erschien dann eine neue Mittheilung von Türck[1]) denselben Gegenstand betreffend, in der die früheren Beobachtungen bestätigt werden (nur die Trennung der Hinterstränge durch den Sulcus intermed. post. in zwei Stränge wird jetzt verworfen), und manches Neue hinzugefügt wird. Alles auf die Gehirnleitung Bezügliche will ich hier fortlassen, da es für die gegenwärtige Arbeit ohne Belang ist, und nur auf die Rückenmarksleitung eingehen.

Hier ist nun zunächst hervorzuheben, dass Türck die Hinterstränge dicht über der Compressionsstelle in toto erkrankt fand, und dass der Erkrankungsbezirk je weiter oberhalb der Verletzungsstelle er untersucht wurde, immer kleiner wurde. Doch gelang es nicht nachzuweisen, ob dieses Kleinerwerden constant war oder periodisch und nach welchem Gesetze es vor sich ging.

In Bezug auf die Degeneration der Seitenstränge oberhalb der erkrankten Rückenmarksstelle lauten dagegen diesesmal die Angaben durchaus unbestimmt: bald waren die Seitenstränge in toto erkrankt, bald verschiedene Theile derselben. Auch die Art des Abnehmens der Erkrankung nach oben hin, ist durchaus verschieden angegeben, so dass sich keine sicheren Schlüsse daraus machen lassen. Dagegen gelang es nachzuweisen, dass die centripetalen Stränge der Seitenstränge sich nicht in der Medulla kreuzen und einmal gelang es, einen derselben bis zur Insertionsstelle des Corp. restiforme in das kleine Gehirn zu verfolgen.

Unterhalb der Compressionsstelle des Rückenmarkes waren die Hinterstränge nie erkrankt, dagegen die gesammten Vorder- und Seitenstränge, theils in toto, theils in den Seitensträngen namentlich deren hinterer Abschnitt vorwaltend. Bei der Abnahme der Erkrankung an den tiefer unten gelegenen Insertionsstellen der Nerven blieben oft nur die hinteren Abschnitte der Seitenstränge als erkrankt übrig.

Ich habe diese Arbeiten so ausführlich mitgetheilt, weil sie die grundlegenden sind, und, wie wir sehen werden, der Hauptsache nach von sämmtlichen späteren Forschern bestätigt worden sind.

[1]) Sitzungsber. der kais. Akad. der Wissenschaften zu Wien. 1853. Bd. XI. H. 1.

Später werden dann noch hin und wieder einzelne derartige Fälle publicirt, ohne dass ein Fortschritt in unseren Kenntnissen dadurch bewirkt wurde, bis endlich Bouchard[1]) im Jahre 1866 wieder eine grössere Arbeit über diesen Gegenstand veröffentlichte. Er hatte Gelegenheit gehabt, eine Reihe von Fällen secundärer Degeneration der Rückenmarksstränge beim Menschen in Folge von Erkrankungen verschiedener Gehirntheile und des Rückenmarkes selbst zu untersuchen, und die Resultate seiner eingehenden Forschungen sind um so interessanter als sie im Wesentlichen mit den von Türck gewonnenen genau übereinstimmen, und noch einiges Neue hinzufügen. Er unterscheidet zunächst, wie Türck, gemäss Beobachtungen gemacht an Rückenmarken, welche in Folge von Gehirnerkrankungen secundär erkrankt waren, zwei Bündel von centrifugal leitenden Fasern, deren eines, das ohne Kreuzung in das Gehirn übergeht, in den vorderen, medialen Partien der Vorderstränge verläuft und schon in der Gegend der Brustwirbel aufhört: faisceau encéphalique direct ou interne. Das andere, welches man bis zum Ende des Rückenmarkes verfolgen kann, verläuft in den hinteren Theilen des Seitenstranges, in dem Winkel, den die hintere austretende Wurzel mit der Pia macht, jedoch so, dass es durch gesunde Fasern noch von dieser getrennt ist, es bildet also auf dem Querschnitt eine rundliche helle Insel: faisceau encéphalique croisé ou externe. Da er nun aber bei der Dégénération descendante nach Rückenmarkskrankheiten findet, dass diese Insel sich so weit vergrössert hat, dass sie nach aussen die Pia berührt, dass aus dem „trou“ eine „échancrure“ geworden ist, und dass man diese Art der Degeneration auch bis zum Ende des Rückenmarkes verfolgen kann, so nimmt er noch centrifugal leitende Bündel an, welche aus den höheren Partien des Rückenmarkes kommen: fibres commissurales longues. Da er ferner in den nehmlichen Fällen noch in den gesammten Vorder-Seitensträngen degenerirte Fasern zerstreut findet, die sich indess nicht weit verfolgen lassen, so nimmt er noch die: fibres commissurales courtes an. Dann ferner unterscheidet er, wie Türck, zwei Bündel bis zum Gehirn aufsteigender Fasern: einmal in den hinteren

[1]) Archives générales de médecine 1866. Vol. I u. II. Des dégénérations secondaires de la moëlle épinière.

Theilen der Seitenstränge und zweitens in den Hintersträngen: fibres commissurales postérieures. Er nahm also schon eine Reihe dieser Faserbündel als Commissuren in Anspruch.

Im Jahre 1869 beschrieb dann Barth[1]) eine Anzahl interessanter Krankheitsfälle, bei denen sowohl nach Gehirn wie nach Rückenmarksheerden secundäre Degeneration bestimmter Faserzüge zu beobachten gewesen war, welche genau mit den von Türck angegebenen übereinstimmen, doch hat er merkwürdigerweise weder die centrifugale Vorderstrangsbahn noch die centripetale Seitenstrangsbahn auffinden können.

Ein Jahr später veröffentlichte Westphal zwei Arbeiten, in deren einer[2]) zwei Fälle von Compression des Rückenmarkes durch einen Tumor und durch einen Wirbelbruch mitgetheilt werden. In beiden Fällen fand er ausgedehnte secundäre Degeneration der weissen Stränge, die indessen mit Ausnahme weniger Befunde, welche mit den bisher angeführten übereinstimmen, eine Menge ganz unregelmässig auftretender Degenerationsprozesse erkennen liessen, welche von jenen früheren durchaus abweichen. Allerdings scheint Westphal seine Zeichnungen nur nach dem mit blossem Auge oder mit der Lupe betrachteten Rückenmarke geleitet durch die nach Chromsäurehärtung hellgelb erscheinenden degenerirten Partien gemacht zu haben. Ich werde weiter unten zeigen, dass man bei dieser Methode, mehrere Fehlerquellen zu vermeiden nicht im Stande ist. Es war nach diesen Befunden durchaus nicht wunderbar, wenn Westphal sich am Schlusse zu der Meinung hinneigt, dass die secundäre Rückenmarksdegeneration im Allgemeinen nicht durch Aufhebung der Leitung in bestimmten Nervenbahnen, sondern durch Fortkriechen entzündlicher Prozesse längs des Bindegewebes bewirkt würde.

In gleicher Weise scheint Westphal die Zeichnungen der zweiten Arbeit[3]) entworfen zu haben, in der er als der erste, secundäre Rückenmarksdegeneration durch Verletzung des Rückenmarkes

[1]) Ueber secundäre Degeneration des Rückenmarkes. Archiv f. Heilkunde 1869. S. 433.

[2]) Ueber ein eigenthümliches Verhalten secundärer Degeneration des Rückenmarkes. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten. Bd. II. 1870. S. 374.

[3]) Ueber künstlich erzeugte secundäre Degeneration einzelner Rückenmarksstränge. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten Bd. II. 1870. S. 415.

bei Thieren künstlich erzeugte. Mit einem Drillbohrer wurde bei Hunden durch Wirbel und Rückenmark gebohrt und so irgend eine kleine Stelle desselben beschädigt. Nach 2—3 Monaten wurden die Thiere getödtet. Es zeigte sich nun ganz abweichend von den früher beschriebenen Fällen, dass die Hinterstränge auch noch eine Strecke unterhalb der Verletzung und die Vorderstränge oberhalb Degeneration zeigten. Es werden indess nur zwei Fälle mitgetheilt, während eine grössere Menge vorläufig in Reserve gehalten wird.

Im Jahre vorher schon hatten Philipeaux und Vulpian zwei Arbeiten[1]) über die künstliche Erzeugung der secundären Degeneration veröffentlicht. Sie hatten bei Hunden, Tauben, Kaninchen und Meerschweinchen sowohl durch Verletzungen des Gehirns wie des Rückenmarkes secundäre Degeneration zu erzeugen versucht, indessen mit durchaus negativem Erfolge.

In dem darauf folgenden Jahre (1871) indess theilte Vulpian[2]) anknüpfend an sein Referat über die oben mitgetheilte experimentelle Arbeit Westphal's mit, dass er jetzt sowohl bei Hunden, als bei Kaninchen und Meerschweinchen constant nach Rückenmarksverletzungen secundäre Degeneration erhalten habe, dass indess die Resultate in Bezug auf die Localisation derselben bei den verschiedenen Thieren nicht recht übereinstimmten. Ja er gab sogar zu, dass er bei einer erneuten Durchsicht seiner früheren Präparate auch hier Spuren von secundärer Degeneration gefunden hätte. Diese Versuche trugen also ebenfalls ihr Scherflein dazu bei, die Constanz dieser Erscheinungen zu bestätigen, während sie Anfangs ein wichtiges Zeugniss gegen dieselbe abzugeben schienen.

Ein Jahr später veröffentlichte dann W. Müller[3]) einen sehr interessanten Fall von partieller Rückenmarksdurchschneidung beim Menschen mit darauf folgender Degeneration. Die Resultate stimmten mit den von Türck gefundenen fast gänzlich überein. Sehr interessant ist es, dass unterhalb der Verletzung, obgleich der eine Seitenstrang völlig erhalten war, beide Seitenstränge secundäre Degeneration zeigten. Leider sind die Zeichnungen wieder, wie bei den früheren Autoren, nur nach dem durch die Chromsäure be-

[1]) Arch. de Physiologie pathol. et norm. 1869. T. II. p. 221, 661.

[2]) Arch. de Physiologie pathol. et norm. 1870. T. III. p. 520.

[3]) Wilhelm Müller, Beiträge zur pathologischen Anatomie und Physiologie des Rückenmarkes. Leipzig 1871.

wirkten Farbenunterschiede in natürlicher Grösse entworfen und daher, wie ich weiter unten zeigen werde, nicht ganz beweiskräftig.

Endlich fand auch Schüppel[1]) secundäre Degeneration der Hinterstränge oberhalb einer Compressionsstelle, die sich bis in die Med. oblong. hinein verfolgen liess, wir werden auf diesen sehr interessanten Fall in einer späteren Arbeit zurückzukommen haben.

Zum Schlusse möchte ich dann noch erwähnen, dass Eichhorst und Naunyn ausdrücklich angeben, dass sie trotz sorgfältiger Untersuchung in keinem Falle eine secundäre Degeneration hätten nachweisen können (Ueber Regeneration etc. S. 242).

Wie wir aus dieser kurzen Uebersicht der einschlägigen Literatur ersehen, sind alle diejenigen Beobachtungen, bei denen wirklich wichtige Thatsachen für die Topographie des Rückenmarkes aus dem Befunde der secundären Degeneration gewonnen wurden, beim Menschen angestellt worden. Von den wenigen Versuchen an Thieren, welche vorliegen, kann man nicht viel Rühmendes sagen, sie haben eigentlich nur bewiesen, dass secundäre Degeneration im Rückenmarke auch bei Thieren vorkommen könne, was nach den zahlreichen Befunden beim Menschen eigentlich selbstverständlich war (und auch selbst in diese Frage konnten die Behauptungen von Philipeaux und Vulpian und von Eichhorst und Naunyn eigentlich nur Verwirrung statt Klarheit bringen), während sie für die Localisation des Prozesses und also die topographische Rückenmarkserforschung nur Negatives leisteten, indem die Resultate, wie bei den Westphal'schen Untersuchungen, wahrscheinlich in Folge von Fehlerquellen, höchst unregelmässige und von den bekannten abweichende waren. Es ist dies eine um so auffallendere Thatsache, als man doch eigentlich bei einer gut durchgeführten experimentellen Untersuchung an Thieren in einer derartigen Frage zu durchaus klaren und übereinstimmenden Resultaten kommen musste, welche, mochten sie nun mit den bisher vom Menschen bekannten übereinstimmen oder nicht, jedenfalls aus sich selbst klare und definitive Schlüsse zu ziehen erlauben mussten. Beim Menschen waren Abweichungen in den Resultaten der verschiedenen Untersuchungen sehr natürlich, da ein Gehirnheerd bei verschiedenen Individuen

[1]) Archiv f. Heilkunde 1874. S. 44: „Ein Fall von allgemeiner Anästhesie".

eben nie die gleichen Elemente zerstören wird, und ein Rückenmarkstumor niemals die gleiche Anzahl von Leitungsbahnen vernichten wird. Es freut mich nun, sagen zu können, dass dieses Vertrauen, welches ich zu dem Experimente hatte, sich durchaus bewährt hat, und dass ich an den von mir untersuchten Hunden, welche stets dieselbe Verletzung, eine vollständige Rückenmarksdurchschneidung, erlitten hatten, auch stets ganz genau dieselben Veränderungen habe constatiren können, und dass ich den so gewonnenen Resultaten nach, die von den früheren Autoren am Menschen gemachten Beobachtungen in voller Ausdehnung habe bestätigen und theilweise erweitern können. Eine Thatsache, die auch insofern wichtig ist, als sie uns lehrt, dass wie der feinere histologische Bau, so auch die Topographie des Rückenmarkes der Säugethiere, wenigstens sicher der höheren, genau mit der des Menschen übereinstimmt, und dass also auch durch experimentelle Beobachtungen an jenen gefundene Resultate ohne weiteres auf diesen übertragbar sind.

Die Art und Weise meiner Untersuchung nun war eine sehr einfache, da ich mich um die feinen histologischen Details des Degenerationsprozesses nicht weiter kümmerte, sondern in Fortführung meiner früheren Arbeiten nur die topographischen Veränderungen im Auge hatte. Das frische Rückenmark wurde, wie schon angegeben, in einer 2procentigen Lösung von doppeltchromsaurem Kali erhärtet und dann in Alkohol aufbewahrt. Hier möchte ich nun gleich erwähnen, dass ich die schon mehrfach gemachte Beobachtung, dass nach Chromsäureeinwirkung die degenerirten Theile des Rückenmarkes als hellgelb gefärbte Partien sich von der dunkler graugelb gefärbten Umgebung abheben, durchaus bestätigen kann, dass ich aber auch fand, dass Beobachtungen oder Zeichnungen, die sich nur auf eine makroskopische oder Lupenbetrachtung dieser Färbung stützen, wie die meisten der bisher gemachten, durch das Vorhandensein bestimmter Fehlerquellen stets mehr oder weniger unrichtig sein werden, und zwar manchmal in nicht unbedeutendem Grade.

Erstens nehmlich ist die hellgelb gefärbte Partie gewöhnlich umfangreicher als die wirklich degenerirte. Es erklärt sich dieses leicht. Die hellgelbe Farbe wird hauptsächlich durch die Zunahme des zwischen den Nervenfasern liegenden Bindegewebes resp. der Neuroglia bedingt. Nun kann man aber durch die mikroskopische

Untersuchung feststellen, dass die Verdickung sich nicht auf die degenerirten Partien, d. h. auf diejenigen, wo wirklich die Nervenfasern zu Grunde gegangen sind, beschränkt, sondern auch noch in die Grenzbezirke hineinstrahlt, wo durchaus gesunde Nervenfasern liegen. Die degenerirten Stellen werden also zu gross erscheinen.

Zweitens, und dieses ist schlimmer als das vorige, tritt die secundäre Degeneration an zwei Stellen, nehmlich den Vordersträngen und den hinteren Seitensträngen unter anderem auch gerade an der äussersten Peripherie des Markes auf. An diesen Stellen ist das Mark nun aber eo ipso hellgelb transparent, und ein schmaler Degenerationsstreif ist, wie ich mich selbst mehrfach davon überzeugt habe, absolut nicht zu erkennen. Man wird hier also entweder eine zu ausgedehnte Degeneration annehmen oder gar keine, und beides ist gleich unrichtig.

Drittens entgeht einem bei der Chromsäurefärbung völlig eine Art der Degeneration, nehmlich die punktförmige, auf einzelne Fasern beschränkte.

Viertens kann man auf diese Weise unmöglich die wirkliche secundäre Degeneration von der traumatischen (siehe weiter unten) unterscheiden. Eine sehr bedeutende Fehlerquelle, auf die wahrscheinlich die Westphal'schen Bilder zurückzuführen sind.

Wenn man also die mikroskopische Betrachtung solcher Schnitte anwenden muss, wenn auch nur mit schwacher Vergrösserung, Hartnack Obj. 4 und Ocul. 3 oder 4 ist eine sehr brauchbare Zusammenstellung, so ist es gut, die Präparate zu färben, und da habe ich nun nach verschiedenen Versuchen das in Wasser lösliche Anilinblau als das bei weitem vorzüglichste Färbungsmittel gefunden. Dieses wurde von Zuppinger[1]) zur Färbung von Axencylinderfortsätzen im Rückenmark empfohlen, und zwar mit einer ziemlich unbequemen Anwendungsmethode und vielen Vorsichtsmaassregeln gegen das Ausziehen der Farbe. Nach meinen Erfahrungen nun, die sich auf viele Hundert Färbungen stützen, würde ich das Anilinblau, entgegen Zuppinger, für die graue Substanz nicht empfehlen, denn es leistet hier nicht mehr oder eher weniger als Carmin oder

[1]) Eine Methode, Axencylinderfortsätze der Ganglienzellen des Rückenmarkes zu demonstriren. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. X. 1874. S. 253.

Indigcarmin, für Uebersichtsbilder der weissen Substanz auf Querschnitten ist es dagegen ganz vorzüglich, da es bei Färbung der Bindegewebssepta zwischen den Nervenfasern und der Axencylinder, während das Mark vollständig weiss bleibt, sehr angenehme und klare Uebersichtsbilder giebt, und durch pathologische Veränderungen bedingte auch nur leichte Farbennuancen dem Auge leicht zur Wahrnehmung kommen lässt. Ausserdem ermüdet das sanfte Blau der Färbung das Auge lange nicht in dem Maasse, wie das grelle Roth des Carmins, was bei der Durchsicht von ganzen Reihen von Präparaten ebenfalls von Wichtigkeit ist. Die Anwendung ist zudem äusserst einfach. Man macht sich eine 1procentige Lösung der Substanz, und benutzt diese selbst, oder verdünnt sie in einem Uhrschälchen so lange, bis man einen hineingelegten Rückenmarksschnitt bei durchfallendem Lichte gerade sehen kann, was des Herausfindens der Schnitte halber bequemer ist. In diese Lösung legt man die vorher von dem Alkohol durch Auswässern befreiten Schnitte. Nachdem die Schnitte kurze Zeit, je nach der Stärke der Lösung nur wenige Minuten oder länger, es kommt gar nicht darauf an, wenn es zu lange dauert, in der Lösung verweilt haben, spült man sie in Wasser ab, und legt sie zum Entwässern in Alkohol. Dieser hat nun die Eigenschaft, den Farbstoff ziemlich energisch aufzulösen, das schadet indessen nicht, da die Schnitte vorher viel zu intensiv gefärbt worden sind, man lässt dieselben einfach so lange in dem Alkohol bis sie die gewünschte Färbung erlangt haben; es dauert das immer lange genug, um sie hinreichend zu entwässern; alsdann legt man sie in Nelkenöl und Canadabalsam, von denen keines mehr den Farbestoff angreift, und kann die Präparate dann, wenn man sie nicht gerade directem Sonnenlichte aussetzt, jahrelang unverändert aufbewahren.

Auf diese Weise fand ich nun, dass nach vollständiger Durchschneidung des Rückenmarkes an einer Stelle (und zwar gaben ein an der Grenze des Brust- und Lendenmarkes ausgeführter Schnitt [wie gewöhnlich] und ein im oberen Brustmarke gemachter [wie in zwei Fällen] dieselben Resultate), an 6 verschiedenen Stellen der weissen Substanz secundäre Degeneration constant auftritt. Ausser dieser noch auftretende inconstante secundäre Degeneration habe ich niemals gefunden. Um den Verlauf dieser Degeneration im Rückenmarke bestimmen zu können, wurden successive von dem

oberen Ende eines jeden Nervenursprungs, d. h. von der Stelle an nach unten gehend, wo das erste Wurzelbündel eines Nerven vom Rückenmark abtritt, eine Anzahl Schnitte angefertigt, und untersucht. Aus diesem Grunde werden alle folgenden Ortsbestimmungen immer nach diesen Nervenursprüngen gemacht werden, eine Methode, die mir als die einzig rationelle erscheint, weil auf den Bau des Rückenmarkes selbst gegründet, und daher besser als die (mit Ausnahme von Schüppel) bisher stets angewendete der Angabe des Wirbels, oder der Höhe in Centimetern über dem Conus medullaris. Beistehende halbschematische Abbildungen I. und II., welche Rückenmarksquerschnitte einen Nervenursprung höher und einen tiefer als der vom Schnitte getroffene darstellen, werden die Degenerationsstellen (schraffirt) klar machen.

Auf dem oberhalb gelegenen Schnitt I. finden wir deren zwei: eine dreieckige in den Hintersträngen gelegene Stelle (a), und eine schmale, bandförmige an der hinteren Peripherie der Seitenstränge befindliche, welche bis zu deren Mitte hin reicht (b). Dicht über dem Schnitte sind die Hinterstränge gänzlich degenerirt. Nach oben zu nimmt die Degeneration in beiden Strängen allmählich ab; das Genauere hierüber werde ich in dem physiologisch-anatomischen Theile dieser Arbeit angeben. Beide degenerirte Faserzüge lassen sich bis in den Anfang der Medulla oblong. hinein verfolgen, indessen habe ich sie niemals so weit verfolgen können als Türck u. A. beim Menschen. Diese Faserzüge entsprechen genau den von Türck und Bouchard beschriebenen centripetalen Faserzügen. Auch ich halte sie für rein centripetal, da ich unterhalb der Verletzungsstelle an diesen Stellen niemals Degeneration gefunden habe.

Sehr eigenthümlich ist, dass, während die Hinterstränge ja, wie bekannt, durchgängig sehr feine Fasern und die feinsten überhaupt im Rückenmarke vorkommenden Fasern führen, die centripetalen Bahnen in den Seitensträngen nur mittelstarke Fasern enthalten. Wir werden auf diesen Unterschied weiter unten noch genauer zurückkommen.

Weit schwieriger ist die Lage der centrifugalen Bahnen zu bestimmen, denn in diesen liegen die Nervenfasern meist nicht zu grösseren Bündeln vereinigt, sondern durch anderweitig leitende Fasern getrennt. Ich möchte hier 4 Bahnen unterscheiden:

1) Faserzüge, welche die ganze Peripherie des Vorderstranges

einnehmen, und auf dem Querschnitt etwa das Aussehen haben wie a auf Fig. 2. Taf. XXI. Sie stimmen überein mit der Türck'schen Hülsen-Vorderstrangsbahn.

2) Zerstreute Fasern im Vorderstrange (b).

3) Zerstreute Fasern im Seitenstrange hauptsächlich in einer mittleren Zone gelegen, dann noch nach der grauen Substanz zu, am wenigsten nach aussen (c).

Diese beiden Faserarten würden den Fibres commissurales courtes von Bouchard entsprechen.

4) Eine Anzahl von Fasern im hinteren Theile des Seitenstranges (d), welche der Türck'schen Pyramiden-Seitenstrangsbahn entsprechen. Ich habe dieselben hier auf der Zeichnung durch eine leichte Umgrenzungslinie von den übrigen zerstreut in den Seitensträngen liegenden Fasern abgegrenzt, da sie in der That wohl functionell von jenen verschieden sind. Man kann dieses schon daraus schliessen, dass sie viel weiter herabsteigen als jene. Durch die ganze Masse des Seitenstranges liegen, wie bekannt, Fasern von sehr verschiedener Dicke durcheinander gemischt. An der Stelle dieses Faserzuges nun gerade zeichnet sich das Rückenmark durch ein ganz besonderes Ueberwiegen der feinen Fasern aus. Zwischen diesen nun, welche niemals eine Degeneration zeigen, weder oberhalb noch unterhalb der Narbe, liegen eingebettet, theilweise auch mehr an ihrem äusseren Rande, die dickeren Fasern (mitteldick) der Pyramiden-Seitenstrangbahn, welche man dieser Lage wegen auch oberhalb des Schnittes, wo sie gesund sind, ganz gut erkennen kann. Wenn man weiter nach unten geht, so rücken die degenerirten Fasern dieser Bahn in der That mehr nach aussen, doch habe ich niemals, wie Bouchard das so drastisch beschreibt, aus dem „trou" eine „échancrure" werden sehen, auch das „trou" ist nicht so wörtlich zu nehmen, wie aus dem bisher Gesagten erhellt.

Alle diese Stränge sind nun centrifugalleitend, denn niemals findet man sie oberhalb des Schnittes degenerirt. Alle bestehen aus mitteldicken oder dicksten Nervenfasern.

In die Medulla oblong. habe ich diese Züge natürlich nicht verfolgen können, da ich nur Rückenmarksverletzungen vor Augen hatte, ich bin indessen jetzt damit beschäftigt, auch diese Untersuchung auszuführen.

Die Eigenthümlichkeit dieser Fasern mehr oder weniger vereinzelt zu verlaufen, erschwert sehr die Beantwortung der Frage, wie weit man sie nach unten hin verfolgen kann, zumal noch da sie an Zahl sehr rasch abnehmen. Durchschnittlich liessen sich die Faserzüge der Vorderstrangsbahn und Seitenstrangsbahn, wenn der Schnitt, wie gewöhnlich, im untersten Brustmark gemacht war, bis zum V. oder VII. Lendennervenursprung, also etwa 6—8 Nervenursprünge weit verfolgen, während die in den Vordersträngen und Seitensträngen sonst zerstreut liegenden Fasern, schon am II. oder III. Lendennervenursprung aufhörten, also nur über 3—4 Nervenursprünge zu verfolgen waren. Ob sich dieses Verhältniss bei Schnitten in höheren Theilen des Markes geändert hätte, kann ich nicht bestimmt sagen, da bei den beiden Durchschneidungen im oberen Brustmark die Thiere zu rasch starben (nach 14—15 Tagen), um die Degeneration weiter als die nächsten zwei Nervenursprünge verfolgen zu können. Auch diese Beobachtungen stimmen recht gut mit den am Menschen gemachten überein, wenngleich da meist angegeben wird, dass die Seitenstrangbahn weiter zu verfolgen war als die Vorderstrangsbahn.

Ausser den secundär degenerirten Faserzügen bleiben nun, wie aus dem Vorstehenden folgt, noch eine Menge von Fasern übrig, welche weder oberhalb noch unterhalb des Schnittes jemals eine Spur von Degeneration zeigen, und zwar bilden diese den bei weitem grössten Theil der Vorder- und Seitenstränge, die Hinterstränge führen nur degenerirende Fasern. Wir werden dieses eigenthümliche Verhältniss noch weiter unten genauer besprechen.

Nachdem wir so die topographische Vertheilung der secundären Degeneration festgestellt haben, liegt es uns noch ob, den zeitlichen Verlauf derselben zu schildern.

Die ersten deutlichen Spuren der Degeneration habe ich nach etwa 14 Tagen bemerkt, es mögen die ersten Anzeichen auch vielleicht schon 3—4 Tage früher vorhanden sein, doch habe ich aus dieser Zeit keinen Fall untersucht, innerhalb der ersten Woche aber habe ich keine Degeneration gefunden. Bei einem 14 Tage alten Falle also sieht man dicht oberhalb der Wunde die Hinterstränge mässig verfärbt, d. h. das Mark der Nervenfasern, das sonst weiss bleibt bei der Anilinfärbung, ist bläulich verfärbt, und man erkennt nur noch ganz schwach den sonst so stark gefärbten Axencylinder.

Dasselbe ist in der centripetalen Seitenstrangsbahn der Fall. Einen Nervenursprung höher ist die Verfärbung schon weniger stark, man erkennt die Axencylinder besser, und so nimmt die Degeneration allmählich ab. Unterhalb der Narbe findet man den Prozess um diese Zeit schon etwas weiter vorgeschritten, nehmlich starke Verfärbung, so dass man den Axencylinder nicht mehr erkennen kann, der ganze Nervenfaserquerschnitt erscheint gleichmässig bläulich, oder man findet auch bereits vollständigen Ausfall der Nervenfasern, so dass die sonst diese einschliessenden Bindegewebssepta jetzt leere Räume einzuschliessen scheinen. Es muss hier also bereits an Stelle der Nervenfasern eine homogene Substanz getreten sein, die sich nicht mehr mit Anilin färbt. Einen Nervenursprung tiefer trifft man indess nur erst sehr schwache Verfärbung und noch einen tiefer nur erst einzelne verfärbte Fasern. Die Degeneration nimmt hier also schneller ab als nach oben hin, tritt dafür aber auch intensiver auf.

Nach 3—4 Wochen ist der Prozess nach allen Richtungen hin weiter fortgeschritten, und nach 4—5 Wochen ist das typische Bild vollendet, die Degeneration bis in die Medulla oblong. und nach unten bis zum Ende des Lendenmarks zu verfolgen, und überall fehlen die Nervenfasern einfach, wie aus dem Bindegewebsgerüst herausgezogen. Diese Zeit bis zur 7. oder höchstens 8. Woche ist die beste, um die topographischen Veränderungen rein zu studiren, denn in der 8. Woche und später beginnen dann Veränderungen des Bindegewebes das reine Bild zu trüben. Man sieht zuerst, dass die Bindegewebsringe sich etwas verdicken, und in Folge dessen ihre Lumina kleiner werden, die Partien erscheinen mit Anilinblau gefärbt schon dem blossen Auge dunkler als früher. So geht der Prozess langsam weiter, bis schliesslich die Lumina fast verschwinden, und endlich auch wie bei einer Narbe Schrumpfung eintritt, die eine, wenn auch kaum mit blossem Auge, so doch mit dem Mikroskope deutlich wahrnehmbare Abplattung der Stränge bedingt. Solche Bilder findet man, wenn man das Rückenmark mehrere Monate oder ein Jahr etc. nach der Operation untersucht. Solche Bilder sind dann aber natürlich auch zum Studium der Flächenausdehnung der Degeneration absolut unbrauchbar.

Es könnte nun noch von mir verlangt werden, mich darüber auszusprechen, ob ich diese „secundäre Degeneration“ für eine

functionelle oder trophische oder vom Bindegewebe ausgehende entzündliche halte. Das letztere erscheint schon nach dem eben Gesagten unannehmbar, die Beantwortung der anderen Frage werde ich in dem anatomisch-physiologischen Theile dieser Arbeit geben.

Von dieser „secundären Degeneration" wohl zu unterscheiden ist dann aber eine andere, die ich die

traumatische Degeneration

nennen möchte, da sie augenscheinlich direct durch die Verletzung des Markes bedingt wird. Dieselbe fehlt nie nach einer Rückenmarksdurchschneidung und setzt sich constant nur etwa 4—6 Mm. beiderseits allmählich an Intensität abnehmend in dem Rückenmark fort. Das Bild dieser Degeneration ist durchaus charakteristisch und oberhalb und unterhalb des Schnittes gleich, auch in Bezug auf die topographische Vertheilung. Die ganze weisse Substanz und hin und wieder auch Theile der grauen sind auf dem Querschnitt wie siebartig durchbohrt von einer Menge verschieden grosser, unregelmässig gestalteter Löcher, die sowohl einzelnen wie Bündeln von Nervenfasern entsprechen. In diesen Löchern liegen hellglänzende, glasige Schollen, die sich nie mit Anilinblau färben, von den Axencylindern ist keine Spur mehr zu sehen. Diese Durchlöcherung betrifft nun merkwürdiger Weise nur sehr selten die Hinterstränge, und wenn, doch nur in wenig ausgedehntem Maasse. Auf dem Längsschnitte hat man dann ein entsprechendes Bild. Die Nervenfasern sind in verschiedener Höhe ihres Verlaufs unterbrochen von eigenthümlichen klumpenartigen Massen jener glasigen Schollen, bis nach einer Entfernung von 4—6 Mm. von der Wunde wieder alle normal werden. Diese Degeneration kann man in ihren Anfängen schon am 2.—3. Tage wahrnehmen, und das Bild bleibt nachher viele Wochen lang unverändert dasselbe. Endlich verschwinden dann die Löcher wieder mehr und mehr durch Wucherung des Bindegewebes, bis man nach mehreren Monaten oder einem Jahr und länger nichts mehr von ihnen wahrnimmt.

Wenn man die Umgebung eines Rückenmarksschnittes in den ersten Tagen untersucht, also z. B. am 3. Tage, so sieht man ferner ausser den degenerirten Fasern noch eine andere Veränderung, nehmlich das ganze Mark, sowohl weisse wie graue Substanz, ganz dicht von rothen Blutkörperchen erfüllt, wie einen Schwamm von Blut durchtränkt. An Schnitten, die nach Chromsäure und Alkohol-

härtung gemacht sind, bemerkt man dann eine Menge von Hämatoidinkrystallen. Diese blutige Durchtränkung geht nun etwa ebenso weit nach beiden Seiten, wie die traumatische Degeneration. Beide sind wohl von einander unabhängig durch dieselbe Ursache entstanden. Später wird das Blut resorbirt, die Degeneration bleibt.

Vielleicht könnte man die langdauernde Rückenmarksreizung, welche Goltz bei seinen Versuchen constatiren konnte, und die durch den Reiz des einfachen Schnittes nur schwer zu erklären wäre, sich auf diese Weise einige Zeit hindurch forterhalten denken. Es wird solch einer Nervenfaser nicht gleichgültig sein, wenn an ihrem einen Ende eine schnelle Degeneration eintritt, ebensowenig wie wenn ihre Ernährungsverhältnisse durch massenhaft sie umgebendes Blut verändert werden.

Eigenthümlich ist es nun, dass man in dem unterhalb der Verletzung gelegenen Stücke des Rückenmarkes hin und wieder, und zwar besonders in den Seitensträngen, Stellen antrifft, welche ganz ähnliche Degenerationserscheinungen darbieten, wenn auch nie in so hohem Grade, wie die dicht an der Wunde gelegenen Partien. Diese Stellen waren von unbedeutender Ausdehnung, meist nicht mehr als einen Nervenursprungsabschnitt einnehmend, und beschränkten sich oft auf eine Rückenmarkshälfte. Sie lagen von der Wunde häufig durch 3, 4 und mehr Nervenursprünge mit durchaus gesundem Gewebe getrennt, und unter ihnen begann dann wieder gesundes Gewebe. Ich habe bis jetzt noch keine genügende Erklärung für diese Thatsache finden können, führe sie aber an, um vor Verwechslungen dieses Prozesses mit der secundären Degeneration zu warnen. Ich glaube, dass sich viele der abweichenden Befunde der früheren Forscher durch solche Degenerationsheerde werden erklären lassen.

Auf das nähere histologische Detail dieses Degenerationsprozesses bin ich, wie schon oben angegeben, aus bestimmten Gründen nicht eingegangen.

II. Anatomisch-physiologischer Theil.

Bei den vielfachen Bemühungen, welche man seit einer Reihe von Jahren gemacht hat, um die Architectur des Rückenmarkes, abgesehen von der eigentlichen Histologie desselben, zu erforschen, hat man die verschiedenen möglichen Untersuchungsmethoden der

Reihe nach und immer von Neuem angewendet. Die einfache anatomische und physiologische waren die ersten, dann folgte die pathologisch-anatomische und endlich die entwickelungsgeschichtliche. Nach unseren jetzigen Kenntnissen können wir sagen, dass alle diese Methoden zur Erreichung des Zwecks sehr brauchbar sind, dass sie aber jede ihr ganz bestimmtes Gebiet haben; und dass diese Grenzen häufiger nicht innegehalten worden sind, hat schon manche Verwirrung in unsereAnschauungen über den Bau des Rückenmarkes, eines an sich schon ziemlich complicirten Körpers hineingebracht. Ich habe nun durchaus nicht die Absicht, in dieser Arbeit die gesammte Literatur über den Bau des Rückenmarkes durchzusprechen, so interessante Resultate sich daraus auch ergeben dürften, es muss dieses einer besonderen weitergehenden Arbeit überlassen bleiben, in der gegenwärtigen würde ich mich von meinem speciellen Thema zu weit dadurch entfernen. Ich werde hier nur auf die dieses Thema ganz speciell berührenden Arbeiten eingehen.

Betrachten wir zunächst die Methoden.

Wenn wir mit unseren jetzigen vielfach verfeinerten anatomischen Untersuchungsmethoden an das Rückenmark herangehen, was können wir finden? Wir sehen sehr bald, dass wir auch bei der grössten Mühe auf diese Weise im Zusammenhange immer nur den Bau eines verhältnissmässig kleinen Stückes des Rückenmarkes untersuchen können. Es reicht dies aus, um den Bau der grauen Substanz kennen zu lernen, wenigstens zum grössten Theile, wir können nachweisen, dass die weissen Stränge Fasern in dieselben hineinsenden, in welcher Weise dies geschieht, wie die Fasern sich in der grauen Substanz verhalten, ferner wie die eintretenden Wurzeln sich zu der grauen Substanz und, theilweise wenigstens auch, zu der weissen verhalten, alles dieses können wir ergründen, und auf diese Weise, wenn wir ein Rückenmark von oben bis unten untersuchen, das bisher angeführte für jeden einzelnen Theil feststellen. Ja, wir können noch weiter gehen und, indem wir die vergleichende Anatomie zu Hülfe nehmen, das Wesentliche von dem mehr Unwesentlichen unterscheiden, und so die den höher stehenden Thieren eigenthümliche grössere Complicirtheit des Baues des Rückenmarkes würdigen lernen. Dieses ist aber auch alles, was wir mit dieser Methode erreichen können, und wenn es auch Vieles ist, so fehlt doch noch Vieles, denn nichts erfahren wir über die Faserung der

weissen Substanz, nichts über die langen Commissuren der grauen, nichts über die grösseren Abtheilungen der grauen: mit einem Worte es fehlt uns noch der ganze Verbindungsapparat, und es fehlen uns die Centren, wir kennen wohl die Räder, aber nicht die zusammengesetzten Maschinen. Es sind somit alle Theorien grundlos, die auf eine anatomische Basis fussend den Bau dieser letzteren Apparate zu erklären versuchten.

Hier tritt nun helfend die pathologische Anatomie ein, und zwar einmal schon die reine pathologisch-anatomische Untersuchung an sich, dann auch in Verbindung mit der Beobachtung am Krankenbette und dem Thierexperiment. Und hier können wir in der That den Bau des Verbindungs- und Centrenapparates studiren; Dank den primären und secundären Degenerationsprozessen. Den Verbindungsapparat hat man schon früher auf diese Weise untersucht, dass man auch die Centren so anatomisch begrenzen kann, werde ich mich zu zeigen bemühen.

Eine gewisse Bedeutung für die Scheidung der Stränge in der weissen Substanz scheint nach neueren Untersuchungen auch die Entwickelungsgeschichte zu haben, insofern sich nach der Zeit ihrer Entwickelung gewisse Faserzüge von anderen unterscheiden, woraus man dann wieder auf verschiedene Function schliessen kann.

Es bleibt uns dann noch die physiologische Untersuchungsmethode übrig, welche am meisten zu fehlerhaften Schlüssen Veranlassung gegeben hat. Ihrer ganzen Natur nach kann diese Methode nur die functionelle Architectur des Rückenmarkes, wenn mir dieser kurze Ausdruck gestattet ist, erforschen, welche bei dem eigenthümlichen Bau des Rückenmarkes mit der anatomischen wohl zusammenfallen kann, aber durchaus nicht zusammenzufallen braucht. Denn es ist etwas ganz anderes zu bestimmen, unter welchen erschwerenden Umständen eine Functionsausübung noch möglich ist, und auf welchem Wege sie gewöhnlich von Statten geht. Dieses gilt sowohl für die Bestimmung der Functionen der grauen wie der weissen Substanz. Dann sind ferner noch Fehler gemacht worden, weil man die Reizungs- und Lähmungserscheinungen, direct durch die Operation entstanden, nicht in Rechnung zog oder doch nicht genügend würdigte, endlich sogar, weil man ohne genügende Kenntniss der bereits gefundenen anatomischen Thatsachen an das Experiment selbst heranging und die gefundenen Resultate zu weitgehenden

Schlüssen benutzte. Richtig angewandt kann indessen auch die physiologische Untersuchung sehr werthvolle Beiträge zu unseren Kenntnissen in dieser Hinsicht liefern[1]).

Aus dieser Betrachtung geht nun unter Anderem hervor, dass man bei einer Untersuchung über die Architectur des Rückenmarkes alle diese Methoden in Anwendung ziehen muss, um zu allgemeinen Resultaten zu gelangen. In unseren Fällen fanden sich die pathologischen Veränderungen, die „secundäre Degeneration", wie schon mitgetheilt, nur in der weissen Substanz und wir konnten danach die Existenz von 6 verschiedenen Leitungsbahnen: 2 centripetalen und 4 centrifugalen annehmen. Wir sahen ferner, dass die Degenerationsfläche auf dem Querschnitte bei allen diesen Bahnen mit der Entfernung von der Verletzungsstelle mehr und mehr abnahm. Wenn diese degenerirten Bahnen nun wirklich normalen im Rückenmark existirenden physiologischen Bahnen entsprachen, so musste diese Abnahme in einer bestimmten gesetzmässigen Weise vor sich gehen, war dieses der Fall, so war damit auch zugleich ein neuer Beweis geliefert, dass wir es hier in der That mit einer Degeneration zu thun hatten, die in der Abtrennung der Nervenfasern von ihren Zellen und nicht in einer Bindegewebserkrankung ihren Grund hatte, wie dieses letztere bisher immer noch von der einen oder anderen Seite, so zuletzt noch von Westphal, behauptet oder wenigstens als möglich oder wahrscheinlich hingestellt worden war.

Man konnte sich nun ein gesetzmässiges Abnehmen auf zwei verschiedene Arten denken:

entweder die Abnahme fand continuirlich in einer bestimmten Weise statt, und dann musste man dieselbe graphisch durch eine mathematisch bestimmbare Curve darstellen können,

oder zweitens die Abnahme fand discontinuirlich, in bestimmten Absätzen, periodisch statt, und dann musste man auf diese Weise die Lage von bestimmten Centren auffinden können, denn es war ein anderer Grund für ein solches periodisches Abnehmen nicht aufzufinden.

[1]) Um jedem Missverständnisse vorzubeugen, möchte ich hier noch beifügen, dass ich hier selbstverständlich nur von dem Werthe der physiologischen Untersuchung für die Kenntniss der Architectur des Rückenmarkes gesprochen habe, nicht aber für die Kenntniss der Functionen des Rückenmarkes an sich, für welche sie ja natürlich von der wesentlichsten Bedeutung ist.

Ich muss gestehen, dass ich mich a priori mehr der ersten Ansicht zuneigte, die sich aber, wie das häufiger vorkommt, gerade als die unrichtige erwies.

Es war nun zunächst die Schwierigkeit vorhanden, die Ausbreitung der Degeneration auf den aus den verschiedenen Nervenursprüngen des Rückenmarkes erhaltenen Schnitten genau zu bestimmen. Von vornherein war da nun klar, dass sich solche Bestimmungen mit einigermaassen zufriedenstellender Genauigkeit nur an den centripetalen Bahnen würden ausführen lassen können:

da erstens nur in diesen grössere zusammenhängende Abschnitte der weissen Substanz degenerirt waren,

da zweitens nur diese in unseren Fällen über eine grössere Anzahl von Nervenursprüngen sich erstreckten,

und da drittens nur aus dem terrassenförmigen, periodischen Abnehmen dieser wirklich auf das Vorhandensein von Centren geschlossen werden durfte, da sie eben reflexerregende Fasern waren.

Aber auch bei den auf dem Querschnitte eine grössere Fläche einnehmenden Degenerationsbildern dieser Bahnen war eine wirkliche Messung und Berechnung der Fläche aus Maassen unthunlich wegen der Unregelmässigkeit der Figuren. Ich wendete daher eine andere Methode an:

Ich suchte mir ein ziemlich dünnes, möglichst gleichmässiges Zeichenpapier aus, zeichnete auf dieses bei Hartnack Obj. 4 und Oberhäuser'scher Camera lucida die Umrisse der degenerirten Stellen, schnitt diese Zeichnungen möglichst sorgsam aus, und wog dieselben dann auf einer mässig feinen Wage. Auf diese Weise musste ich dann Zahlen bekommen, welche sich zu einander verhielten wie die Flächen, mir also die relative Grösse dieser angaben, und die sich dann mit grosser Genauigkeit vergleichen liessen. Bei solchen Bildern, wo die Contouren schwer richtig wiederzugeben waren, da eine Menge von degenerirten Fasern am Rande mehr oder weniger von gesunden umgeben lagen, wurden so viele Zeichnungen verschiedener, derselben Stelle entnommener Schnitte gemacht (so bisweilen bis 4), bis dieselben unter sich übereinstimmten. Dieses war namentlich bei den Seitensträngen der Fall. Die durch die Ungleichheit des Papieres möglichen Fehler wurden natürlich auch bestimmt, doch wurden, da dieselben sich als zu unbedeutend herausstellten, keine Correcturen deshalb vorgenommen. Wollte

man nach dieser Methode ausser den relativen Zahlen auch noch die absoluten haben, so brauchte man ja nur ein Stück des Papiers von bestimmter Grösse zu wiegen und das Gewicht mit den gefundenen Zahlen zu vergleichen. Ich habe diese Berechnung nicht ausgeführt, da sie für mich keinen Werth hatte.

Die auf diese Weise gezeichneten Bilder zeigen die beistehenden Tafeln XXII und XXIII, die auf diese Weise erhaltenen Gewichtszahlen, welche also direct der Grösse der degenerirten Fläche entsprechen, giebt die folgende Tabelle[1]):

Uebersicht der Gewichtszahlen.

1,000 = 1 Gramm. Grösse des möglichen Fehlers etwa 3—4 Mgrm.

Ursprung des:	Hinterstränge:	Seitenstränge:
I. Halsnervenpaares	0,027	0,032
II. -	0,025	0,030
III. -	0,035	0,042
IV. -	0,035	0,040
V. -	0,035	0,040
VI. -	0,034	0,040
VII. -	0,035	0,042
VIII. -	0,052	0,080
I. Brustnervenpaares	0,053	0,081
II. -	0,066	0,108
III. -	0,065	0,110
IV. -	0,068	0,106
V. -	0,085	0,160
VI. -	0,082	0,156
VII. -	0,086	0,160
VIII. -	0,089	0,160
IX. -	0,100	0,160
X. -	0,111	0,160
XI. -	0,142	0,170
XII. -	0,155	0,200
Dicht oberhalb der Narbe	0,247	0,230.

Wobei noch zu bemerken, dass das Gewicht der von den Seitensträngen entworfenen in den Tafeln wiedergegebenen Zeichnungen

[1]) Alle diese Zahlen stammen natürlich von dem Rückenmark desselben Hundes, der in einem sehr guten Stadium der Degeneration sich befand.

in dieser Tabelle verdoppelt wurde, um die Zahlen für die Seitenstränge direct mit denen für die Hinterstränge vergleichbar zu machen. Denn während von diesen letzteren, um das charakteristische Bild wiederzugeben, immer die degenerirten Partien beider Rückenmarkshälften gezeichnet wurden, war in den Zeichnungen von den Seitensträngen nur die eine Rückenmarkshälfte berücksichtigt worden.

Wenn man die Tabelle, am besten von unten nach oben gehend (also von der Verletzungsstelle ausgehend) überblickt, so erkennt man leicht, dass die Zahlen nach einem bestimmten Gesetze abnehmen, und zwar periodisch, in Absätzen, und dass diese Absätze, mit Ausnahme der ersten Zahlen, für die Hinter- und Seitenstränge genau die gleichen sind: die Anordnung des Faserverlaufs in den beiden centripetalen Strängen ist also, mit alleiniger Ausnahme der ersten Rückenmarksabschnitte, durch dasselbe Gesetz bestimmt. Dieses ist nun eine sehr wichtige und interessante Thatsache, die ausserdem in sich selbst schon den Beweis trägt, dass hier durch keine unbeachtet gebliebene Fehlerquelle eine Täuschung vorgekommen sein kann. Aus demselben Grunde hielt ich es auch nicht für nöthig, diese Messungen noch bei einem zweiten Hunde vorzunehmen, zumal da keines der anderen Rückenmarke sich des Zustandes der Degeneration wegen grade so gut dazu eignete als das des zur Messung benutzten Hundes. Ich durfte also nicht hoffen, genauere Resultate zu erhalten.

Sehen wir nun, was sich weiter aus der Tabelle für Schlüsse ergeben.

Wir bemerken zunächst, dass die Tabelle sowohl bei den Hinter- wie bei den Seitensträngen 5 Abschnitte aufweist, in denen die Zahlen hintereinander so wenig differiren, dass man sie in Wirklichkeit wohl für gleich anzusehen berechtigt ist. Diese Abschnitte sind für beide Stränge die gleichen, mit Ausnahme des ersten, der bei den Hintersträngen um 2 Nervenursprünge höher beginnt als bei den Seitensträngen. Im Anfange zeigen beide Stränge ein Abnehmen von Nervenursprung zu Nervenursprung, ebenso wie sich eine sehr bedeutende Differenz zwischen einem dicht oberhalb der Narbe gemachten Schnitte und einem noch demselben Nervenwurzelursprung angehörigen, beim Abtritte der obersten Wurzel entnommenen Schnitte vorfindet.

Was ferner die Masse der degenerirten Fasern anbetrifft (die also ungefähr wenigstens der Grösse der Flächen entspricht, da, wenn die Fasern auch ungleich dick sind, die sie zusammensetzenden Axenfibrillen wahrscheinlich die gleiche Dicke besitzen werden), so übertreffen die Hinterstränge zunächst die Seitenstränge, da sie dicht oberhalb der Narbe in toto degenerirt sind, bei dem ersten Nervenursprunge indessen schon dreht sich die Sache um, und die Seitenstränge überwiegen bedeutend. Dieses Ueberwiegen nimmt dann während der nächsten Nervenursprünge durch die starke Abgabe von Fasern aus den Hintersträngen noch mehr zu, so dass im ersten Abschnitte die Masse der centripetalen Seitenstrangsbahn fast das Doppelte derjenigen der Hinterstrangsbahn beträgt. Bei dem nächsten Abschnitte wird das Verhältniss den Hintersträngen wieder günstiger, denn während hier diese nur etwa die Masse 20 abgeben, geben die Seitenstränge die Masse 50 — 60 ab. Für die nächsten Abschnitte wird das Verhältniss dann für die Hinterstränge constant günstiger, da die Seitenstränge fast immer doppelt so viel Masse abgeben als jene. Die Abnahmezahlen sind der Reihe nach von unten nach oben:

Hinterstränge:	Seitenstränge:
20	50—60
13—15	25—28
18—19	40
10	10—12.

Indessen sind trotzdem noch im letzten Abschnitte die Seitenstränge etwa um $\frac{1}{4}$ der Masse stärker als die Hinterstränge.

Aus den Abnahmezahlen geht noch hervor, dass, namentlich bei den Seitensträngen die Grösse der an einem Abschnitte abgegebenen Masse sehr wechselt.

Ganz interessant ist es ferner, dass die noch am 1. Halsnervenursprung vorhandene Masse bei beiden Strängen übereinstimmend ziemlich genau dem 6. Theile der am ersten Nervenursprunge oberhalb der Narbe vorhandenen Masse entspricht, so dass also von beiden centripetalen Strängen relativ gleiche Massen in die Med. oblong. eintreten.

Daraus folgt dann wiederum, dass die relative Abnahme in beiden Strängen während ihres Rückenmarksverlaufs ebenfalls die gleiche gewesen sein muss, und dass nur die Vertheilung derselben nach den einzelnen Abschnitten verschieden gewesen ist.

Ganz besonders auffallend ist die Abnahmeverschiedenheit bei der Differenz zwischen der Masse der degenerirten Fasern dicht oberhalb der Narbe und am Abtritt der 1. Nervenwurzel; die Hinterstränge verlieren hier 92, die Seitenstränge 30.

Was können wir nun aus den vorliegenden Thatsachen für Schlüsse betreffs der Architectur des Rückenmarkes ziehen?

Wir sehen zunächst, dass es im Rückenmark zwei centripetale Stränge giebt, welche von Zeit zu Zeit einen Theil ihrer Fasern in die graue Substanz hineinsenden, und die schliesslich mit relativ gleichen Fasermengen in die Medulla oblongata eintreten.

Welche Bedeutung hat es nun, dass diese Faserabgabe in bestimmten Absätzen geschieht?

Ich halte diese Absätze für den anatomischen Ausdruck von Centren, so zwar, dass ein Centrum durch die zwischen zwei Absätzen gelegene graue Substanz gebildet wird, wie ich es in der Tabelle durch Klammern bezeichnet habe. Hier muss ich nun zunächst näher darauf eingehen, was ich unter einem Centrum verstehe. Hauptsatz: ein Centrum ist ein Apparat, durch welchen eine (centripetal) zugeführte Erregung in eine (centrifugal) fortgeführte Erregung umgesetzt wird. Daraus folgen folgende Sätze:

Ein Centrum wird stets durch Ganglienzellen gebildet. Wir kennen bis jetzt wenigstens noch keinen anderen Apparat, der eine solche Umsetzung voraussichtlich vorzunehmen im Stande sein dürfte.

Ein Centrum kann indessen nur durch eine Art von Ganglienzellen: die reflectorischen gebildet werden. Dass ich noch andere Ganglienzellen im Rückenmarke annehme, werde ich weiter unten auseinandersetzen. Es ist dabei natürlich gleichgültig, ob durch die centrifugale Faser Muskel- oder Drüsenthätigkeit, Gefässerweiterung oder Contraction etc. bewirkt wird, ebenso ob die centripetale Faser direct von einem Endorgan oder von anderen Ganglienzellen ausgeht.

Wir denken uns nun doch den Zusammenhang einer Ganglienzelle mit einem peripheren Organe, sagen wir meinetwegen, um ein concretes Beispiel zu haben, den Zusammenhang einer dicht an den austretenden Wurzeln gelegenen Ganglienzelle des Vorderhorns

mit einem Muskel in der Weise, dass von dieser Zelle ein oder zwei (vielleicht auch noch mehr) Axencylinderfortsätze ausgehen, in die vorderen Wurzeln treten, in dem peripheren Nerven zu einem Muskel verlaufen und hier nun eine oder aller Wahrscheinlichkeit nach (auf Grund der grösseren Anzahl der Muskelfasern im Verhältniss zu der der Ganglienzellen) mehrere Muskelfasern versorgen. Sobald also die Zelle durch eine centripetale Faser in Erregung versetzt wird, werden die betreffenden Muskelfasern zucken. Es folgt aus diesem Beispiele, dass diese reflectorische Ganglienzelle als Centrum für die von ihr versorgten Muskelfasern angesehen werden muss, es folgt hieraus, dass wir berechtigt sind zu sagen, es giebt Centren, welche nur aus einer Reflexzelle bestehen, ich will diese Centren als Centren der I. Ordnung bezeichnen. Ich verwahre mich hier indessen ausdrücklich gegen die Umkehr dieses Satzes, da ich mir auch sehr wohl Reflexzellen denken kann, welche man nicht einzeln als Centren bezeichnen darf: es gehört zu dem Begriffe eines Centrum ausser der Reflexthätigkeit eben noch der, dass diese Thätigkeit eine individuelle ist, die von keiner anderen Zelle ausgeführt wird. Jene Muskelfasern können eben nur von dieser Zelle aus, mit der sie durch Fasern verbunden sind, in Bewegung gesetzt werden, und keine andere Zelle kann dazu helfen, ich kann mir aber sehr wohl Haufen von Reflexzellen vorstellen, die alle unter einander eng verbunden sind durch Fasernetze, welche nur als Gesellschaft wirken, und bei denen eine Zelle die andere im Nothfalle vertreten kann, hier würde dann erst der Haufen ein Centrum sein, und zwar wiederum ein Centrum I. Ordnung.

Dass unser Beispiel, welches wir zur Erläuterung unserer Ansicht anführten, keine blosse Fiction ist, dafür sprechen ausser der anatomischen Beobachtung auch die in neuerer Zeit gemachten Krankheitsbefunde im Rückenmark, welche eine, sei es nun primäre oder secundäre Atrophie der Ganglienzellen der vorderen Hörner und damit zugleich eine Atrophie ganz eigener Art der Muskeln, welche von jenen Rückenmarkspartien aus versorgt wurden, zeigten. Solche Fälle sind von Duchenne, Charcot, Cornil, Leyden u. A. beschrieben worden, ich verweise deshalb auf zwei Arbeiten: Note sur un cas d'atrophie musculaire spinale protopathique par Mm. Charcot et Gombault, Arch. de Physiologie norm.

et pathol. 1875 p. 735 und: Beiträge zur pathologischen Anatomie der atrophischen Lähmung der Kinder und der Erwachsenen von Prof. E. Leyden. Arch. f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten 1875. Bd. VI. H. I. S. 241.

Wenn nun mehrere solche Centren I. Ordnung zusammentreten zu einem Häufchen (wir wollen hier annehmen, dass es einzellige Centren waren), so werden sie ein Centrum II. Ordnung bilden, das also z. B. die Function haben kann, einen ganzen Muskel zu innerviren. Ich habe früher schon in einer Arbeit[1]) darauf aufmerksam gemacht, dass in den Vorderhörnern an den austretenden Wurzelbündeln eine Anzahl kleiner Ganglienzellenhäufchen sich finden, welche also im Ganzen mehrere nebeneinanderliegende, einander parallele mit Einschnürungen und Anschwellungen versehene rosenkranzartige Säulen vorstellen würden. Diese Häufchen oder Säulen enthalten nun solche Ganglienzellencentren I. Ordnung, wir können diese Häufchen also vielleicht als Centren II. Ordnung ansehen.

Nun diese Centren können dann natürlich wiederum zu grösseren Gruppen zusammentreten, die dann als Centren III. Ordnung zu bezeichnen wären und z. B. eine ganze Muskelgruppe innerviren würden. Bei diesen Centren höherer Ordnung werden wir uns nicht immer vorzustellen brauchen, dass dieselben anatomisch so scharf begrenzt sind, wie die Häufchen II. Ordnung, indessen werden sich auch anatomisch vielleicht immer gewisse Merkmale für diese physiologischen Einheiten auffinden lassen. So ist es sehr wahrscheinlich, dass man jeden einem Nervenursprunge angehörigen Rückenmarksabschnitt (und auf diese Weise wird das ganze Rückenmark vertheilt, da diese Abschnitte aneinander stossen) als ein Centrum betrachten kann für die Umsetzung der von den centripetalen Fasern des betreffenden Paares zugeleiteten Erregungen in die nächsten zweckmässigen Bewegungen. Ist dieses schon anatomisch zu erschliessen, so enthalten die Beobachtungen von Masius und Vanlair[2]) die physiologische Bestätigung. Diese Centren würden dann etwa IV.—V. Ordnung sein.

[1]) Beiträge zur Kenntniss des Faserverlaufs im Rückenmark. Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. X. S. 471.

[2]) Recherches expérimentales sur la régénération anatomique et fonctionnelle de la moëlle épinière. Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Académie royale etc. de Belgique. T. XXI. 1870.

Unsere Messungen der Abnahme der Degeneration hatten uns dann Centren kennen gelehrt, welche mehrere solcher Rückenmarksabschnitte umfassen, diese würden also vielleicht von VI. Ordnung sein. Ich kann ja nun keinen anderen stricten Beweis dafür beibringen, dass es sich hier wirklich um Centren handelt, wenn indess an bestimmten Stellen eine Menge von Reflex erregenden Fasern auf einmal in die graue Substanz eintreten, so kann ich mir keine andere Erklärung dafür bilden, als dass an dieser Stelle eben ein Reflex ausgelöst werden soll, und dazu sind wir dann eben eines Centrums benöthigt. Wenn ferner eine solche Menge von Fasern, die von weit entfernt liegenden Stellen kommen, an einer Stelle in das Rückenmark eintritt, so mus es sich schon um die Auslösung einer grösseren Bewegung handeln, denn ein Zucken von wenigen Muskeln würde hier keinen Zweck haben, in Folge dessen schon ist es sehr wahrscheinlich, dass mehrere Rückenmarksabschnitte zu einem solchen Centrum gehören, und dass wir also eine gewisse Berechtigung haben, die zwischen zwei solchen in der Tabelle angegebenen Abschnitten gelegenen Rückenmarksabschnitte als je zu einem Centrum gehörig anzusehen. Wir bemerken in der That, dass zunächst über der Narbe die degenerirten Faserzüge eine Abnahme bei jedem Nervenursprunge zeigen, hier in nächster Nähe des zunächst direct von den eintretenden Nerven erregten Wurzelabschnitts hat die Erregung auch der einzelnen kleineren Centren schon Zweck, da auf diese Weise viel feinere Modificationen der Bewegungen möglich sind, als wenn nur auf einmal ein ganzes grosses Centrum erregt wird. Wir können ja jeden Augenblick sehen, dass wenn wir z. B. einen Frosch an einer Hautstelle eines Beines reizen, zunächst sehr feine nuancirte Bewegungen erfolgen, welche sich dem Orte und der Stärke des Reizes anpassen, während die später erfolgenden Bewegungen der vorderen Muskelgruppen nichts von solchen Nuancirungen erkennen lassen, sondern nur quantitative, aber nicht qualitative Unterschiede zeigen; es ist dieses aus dem anatomischen Befunde direct zu schliessen. Die in die graue Substanz eingetretenen Fasern werden dann wahrscheinlich, zum Theil hauptsächlich in den Treppenfasern, die sich grade in der Gegend der Hinterstränge und hinteren Seitenstränge vorfinden, zu den verschiedenen Theilen der Centren weiter geführt werden, zum grössten Theil indess werden sie wohl direct an ihrem Eintrittspunkt

mit den untersten Ganglienzellen des Centrums in Verbindung treten, und durch diese, vermittelst des alle Ganglienzellen verbindenden Fasernetzes das ganze Centrum in Erregung versetzen. Es ist dieses letztere deshalb wahrscheinlich, weil sonst eine ungleichmässige Erregung des Centrums zu Stande kommen würde, denn wenn Fasern aus verschiedenen Gegenden herkommend in verschieden hoch gelegene Theile des Centrums eintreten, so könnten sie nicht die gleiche Wirkung erzielen, würden also den Gang der ganzen Maschine stören.

Man könnte nun bei dem ersten Anblicke der Tabelle auf den Gedanken kommen, dass es leicht sein müsse, diese Centren auch durch die gewöhnliche anatomische Untersuchung nachzuweisen, da man ja doch die an bestimmten Rückenmarksabschnitten eintretende bedeutende Fasermenge mit Leichtigkeit würde erkennen können. Wenn die Verhältnisse so einfach lägen, wäre das in der That nicht schwierig, wenn wir aber aus der Tabelle weiter ersehen, dass von den innerhalb des ersten Rückenmarksabschnittes aus den Wurzeln in die weissen Stränge eingetretenen Fasern schon am Ende dieses Abschnittes fast die Hälfte in die graue Substanz eingetreten sind, und wenn wir bedenken, dass sich dieses Verhältniss doch wahrscheinlich bei jedem weiteren Abschnitte wiederholt, wenn wir ferner sehen, dass bei jedem der fernernächsten 2—5 Abschnitte noch ein Fasereintritt stattfindet, und wenn wir uns das ebenfalls bei jeder folgenden Wurzel wiederholt denken, so sehen wir wohl leicht, dass selbst ein ziemlich bedeutender plötzlicher Fasereintritt durch diese anderen Fasermassen verdeckt und unbemerkbar gemacht werden kann. Indessen ist es ja immerhin denkbar, dass man jetzt, nachdem man die Stellen des Fasereintrittes genau kennt, auch noch Unterschiede in der Fasermasse bei der anatomischen Untersuchung auffindet, ich habe es noch nicht versucht.

Es könnte die Ansicht aufgestellt werden, dass die hier von mir bestimmten Centren nur Centren für Fasern wären, die aus bestimmten Gegenden des Rückenmarks stammen. Es ist eine solche Ansicht theilweise sehr richtig, nehmlich insofern als wir schon vorher hervorgehoben haben, dass diese grossen Centren von den ihnen zunächst liegenden Nervenwurzeln jedesmal in mehrere kleinere Centren zerlegt werden, das beweist indess durchaus nichts dagegen, dass sie constante Centren sind. Wir verstehen unter

diesen — da die vorliegenden doch höchst wahrscheinlich nur Muskelcentren sind, wollen wir nur von solchen sprechen — ja eben nichts weiter als eine bestimmte Menge von Ganglienzellen, welche mit bestimmten zu einer gewissen physiologischen Leistung mit einander verbundenen Muskeln oder Muskelgruppen in Zusammenhang stehen und diese vollkommen innerviren. Solche Centren sind nun aber selbstverständlich eo ipso constant, da sie anatomisch bestimmbare Organe sind, die, wie alle anderen, einen festen Platz im Körper einnehmen. Und dieses gilt natürlich für alle anderen Centren. Dagegen werden die Centren allerdings insoweit inconstant sein können, als nicht aus jeder centripetalen Nervenwurzel Fasern zu allen diesen Centren zu gehen brauchen, das wird sich nach dem jedesmaligen Bedürfniss richten.

In ganz ähnlicher Weise muss man sich natürlich auch die Zusammensetzung und Lagerung der Eingeweidecentren vorstellen, soweit dieselben im Rückenmark liegen; ein jedes Eingeweidecentrum umfasst eben den Complex derjenigen Reflexganglienzellen, von denen aus centrifugale Fasern zu dem Eingeweide hinlaufen.

Da wir wissen, dass die sämmtlichen Ganglienzellengruppen des Rückenmarkes unter einander ziemlich innig verbunden sind, so können wir mit Gewissheit annehmen, dass sämmtliche Centren unter sich in Zusammenhang stehen, eine Eigenthümlichkeit, welche die „Mitbewegungen“ erklären würde.

Welche Function nun die von mir gefundenen Centren haben, das zu ermitteln ist eine Aufgabe der physiologischen Untersuchung. Sie können natürlich nur auf die Organe einwirken, mit denen sie durch die von ihnen abtretenden Nerven in Verbindung stehen, doch ist damit ihre Function noch nicht erkannt, da es ja hauptsächlich darauf ankommt, wie sich ihre Thätigkeit mit der anderer Centren verbindet, in welchem Verhältniss sie zu dieser steht, denn nur aus der innigen Verbindung und dem nicht nur absolut, sondern auch relativ richtigen Functioniren der sämmtlichen Centren kann eine harmonische und zweckentsprechende Thätigkeit resultiren.

Wir können uns nun noch ausser den eben besprochenen Centren, welche einzelnen Organen und Gruppen von Organen vorstehen, solche denken, und dass sie in der That existiren, darauf ist in letzterer Zeit besonders von Goltz hingewiesen worden, welche nicht mit Organen direct, sondern nur mit anderen Centren

in Verbindung stehen, und deren Function es sein würde, eine Reihe von Centren gleichzeitig und in bestimmter Weise in Function zu setzen. Wir würden diese Centren von jenen früheren scharf zu scheiden haben, ich würde die letzteren als „Organcentren", die anderen als „Combinationscentren" bezeichnen, um dem Kinde doch einen Namen zu geben, und so seine Existenz zu documentiren. Eine Art von „Combinationscentren" hat man schon lange anerkannt, es sind dieses die „Coordinationscentren". Diese Combinationscentren würde man sich natürlich auch wieder als Haufen von Reflexganglienzellen zu denken haben, die sich weiter nicht von den übrigen wesentlich zu unterscheiden brauchen, man würde diese Centren nur ihrer Function, nicht ihres Baues wegen in eine höhere Klasse zu stellen haben als jene Organcentren, und da wir hier wiederum verschiedene Combinationscentren über einander liegend anzunehmen haben, so würden wir verschiedene Klassen derselben zu unterscheiden haben. Dass solche Centren in der Medulla oblongata, dem Kleinhirn, den Grosshirnganglien und der Gehirnrinde (?) anzunehmen sind, ist nach unseren jetzigen Vorstellungen wohl sicher, dass auch im Rückenmarke solche anzunehmen sind, ist mir sehr wahrscheinlich. Diese letzteren würden dann die Combinationscentren der I. Klasse darstellen. Auf die Hemmungscentren brauche ich nicht weiter einzugehen, da ich solche nicht annehme.

Nach diesen Betrachtungen über die Centren wollen wir wieder zu der weissen Substanz zurückkehren, und versuchen eine Antwort auf die Frage zu geben: was folgt aus den vorliegenden Beobachtungen für die Beschaffenheit und Bedeutung der in der weissen Substanz gelegenen Faserzüge?

Beginnen wir hier zunächst wieder mit den wichtigsten, den centripetalen, und von diesen wiederum mit den in den Hintersträngen gelegenen Bahnen.

Wenn man Schnitte aus dem Rückenmark dicht oberhalb der Verletzungsstelle macht, so sieht man, dass wesentlich der ganze Hinterstrang degenerirt ist. Nur ganz vorn, dicht am Rande der grauen Substanz findet sich noch eine dünne Schicht von gesunden Fasern. Je mehr man sich der Verletzungsstelle nähert, um so mehr schwinden auch diese letzten gesunden Fasern, so dass man wohl berechtigt ist zu sagen, dass unmittelbar über der Verletzungs-

stelle der gesammte Hinterstrang degenerirt getroffen wird. Je mehr man sich dann von der Verletzungsstelle entfernt, um so mehr nimmt die Zahl der degenerirten Fasern ab, wie ich das oben des Näheren angegeben habe. Die naheliegende Frage ist nun, wo kommen diese Fasern her? Treten sie sämmtlich aus der grauen Substanz in die weisse über, oder treten sie sämmtlich aus den hinteren Wurzeln direct umbiegend ein, oder endlich ist beides der Fall? Durch die vorliegenden Untersuchungen lässt sich diese Frage nicht entscheiden, wohl aber durch Heranziehen eines überaus interessanten klinischen Falls der von C. Lange[1]) beschrieben worden ist. In diesem Falle fand sich bei der Section der unterste Theil des Spinalkanals von einer 9—10 Cm. langen ungefähr cylindrischen Geschwulst (kleinzelliges Sarkom) erfüllt, die nach oben mit ihrem zugespitzten Ende bis 1 Cm. über die unterste Spitze des Rückenmarks emporreichte, auch leicht nach links umgebogen war. Die meisten Nerven der Cauda equina waren nach der linken Seite hinübergedrückt, einige gingen auch über die rechte Seite der Geschwulst, ein grosser Theil dieser Nervenwurzeln war deutlich comprimirt und atrophisch. Die Atrophie der hinteren Wurzeln betraf diese in ihrer ganzen Ausdehnung von den durch die Geschwulst direct betroffenen Theilen an bis zu ihrer Insertion in das Rückenmark. Die vorderen Nervenwurzeln hingegen hatten ihre normale Dicke auf der Strecke zwischen der Geschwulst und dem Ursprunge aus dem Rückenmark. Das Rückenmark selbst zeigte sich sonst ganz unverändert, nur in den Hintersträngen fand sich secundäre Degeneration. Und zwar waren im Lendentheile, zu dem also die atrophischen Nervenwurzeln zunächst hintraten, die gesammten Hinterstränge degenerirt, nach oben zu nahm die bis zum Gehirn zu verfolgende Degeneration dann, wie gewöhnlich, ab. In diesem Falle waren also nur die Wurzeln atrophisch, und doch waren die gesammten Hinterstränge degenerirt, die graue Substanz des Rückenmarkes war gesund, es folgt hieraus also unzweifelhaft, dass die gesammte Menge der in den Hinter-

[1]) Ueber die Leitungsverhältnisse in den hinteren Rückenmarkssträngen nebst Bemerkungen über die Pathologie der Tabes dorsualis, von C. Lange in Kopenhagen. Nord. med. ark. IV. 2. No. 11. S. 1—18. 1872. Schmidt's Jahrbücher d. ges. Medic. 1872. Bd. 155. S. 281.

strängen verlaufenden Fasern solche sind, welche aus den eintretenden Wurzeln direct umbiegen und in die Höhe steigen, um dann nach einem mehr oder weniger langen Verlaufe in die graue Substanz des Rückenmarkes oder das Gehirn einzutreten. Lange hat diesen Schluss in seiner Arbeit nicht gezogen, nach dem, was ich vorher über die secundäre Degeneration gesagt habe, zögere ich nicht, ihn zu ziehen. Die Hinterstränge führen also keine Commissurfasern, und sind somit, wie wir später sehen werden, die einzigen Stränge, die das nicht thun. Merkwürdigerweise meint Lange bei der weiteren Besprechung seines Falles, dass man wohl berechtigt sei, den Goll'schen Keilsträngen eine ganz besondere Bedeutung bei der Gefühlsleitung beizulegen. In dem, wie es scheint, sehr ausführlichen Referate in den Schmidt'schen Jahrbüchern, aus dem ich die Arbeit allein kenne, habe ich die Gründe, welche Lange zu dieser Anschauung bewegen, nicht auffinden können. Ich selbst bin durch meine Untersuchungen gerade zu der entgegengesetzten Anschauung gekommen und zwar aus folgenden Gründen. Aus der Art und Weise der secundären Degeneration geht hervor, dass die Anordnung der Fasern in den Hintersträngen eine solche ist, dass immer diejenigen Fasern, welche aus den tiefsten Partien des Rückenmarkes kommen, und welche also den weitesten Weg zu machen haben, am meisten nach hinten und median (d. h. dicht neben der Fissura posterior) liegen. Nach meinen Erfahrungen beim Hunde und den von Lange beim Menschen gemachten scheinen die Goll'schen Keilstränge etwa gerade von den Fasern ausgefüllt zu werden, oder vielleicht noch nicht einmal ganz, welche von den unterhalb des letzten Brustnervenpaares eintretenden Nervenwurzeln zum Gehirn aufsteigen. Hierin kann ich nun aber durchaus keine besondere Function dieser Stränge sehen. Warum sie gerade die feinsten Fasern führen, das weiss ich nicht, aber aus dieser Eigenthümlichkeit allein kann man doch wahrlich nicht gegenüber dem eben Gesagten eine besondere Function ableiten wollen. Wir müssen uns also den Bau der Hinterstränge in der Weise vorstellen, dass der aus jeder centripetalen Wurzel in die Hinterstränge eintretende Antheil an Fasern zunächst den vorderen Theil der Stränge in einer nach hinten concaven Schicht bildet, dass vor dem nächsten Nerveneintritt schon ein sehr grosser Theil in die graue Substanz eintritt, an dessen Stelle dann die nächste Wurzel sich lagert, und

dass weiterhin immer die vordersten der noch übrigen Fasern sich an den verschiedenen Abschnitten in die graue Substanz begeben, so dass die hintersten dann schliesslich zum Eintritt in das Gehirn übrig bleiben. Man sieht auf den ersten Blick, dass eine solche Anordnung auch die zweckentsprechendste ist, da so die Fasern die kürzesten Wege zurückzulegen haben. Auf diese Weise erklärt sich auch leicht jene Erscheinung, die mir in meiner früheren Arbeit über den Faserverlauf im Rückenmark auffiel, dass nehmlich in jedem Abschnitte des Rückenmarkes aus sehr verschiedenen Tiefen der weissen Stränge her Fasern in die graue Substanz umbiegen. Es wären dieses also Fasern, die von verschieden weit entfernt liegenden Wurzeln herstammten.

Gehen wir nun zu dem in dem Seitenstrange liegenden centripetalen Faserzuge über. Die Anordnung der Fasern ist hier zunächst dieselbe wie in den Hintersträngen, auch hier liegen die längsten Fasern am meisten peripherisch und nach hinten. Die Fasern dieses Stranges sind mitteldick, also durchaus anders als die in den Hintersträngen. Die hinteren Wurzeln treten mit den Seitensträngen durchaus nicht in directe Beziehungen, es ist also nicht möglich, dass die in diesen enthaltenen centripetalen Fasern direct in den senkrechten Verlauf umgebogene Wurzelfasern sind wie in den Hintersträngen. Wenn das nicht der Fall sein kann, so müssen diese Fasern aus der grauen Substanz in die Seitenstränge eingetreten sein. In diesem Falle können dieselben nun noch Fasern der hinteren Wurzeln sein, die die graue Substanz nur einfach durchsetzt haben, oder sie können Ausläufer von Ganglienzellen sein, welche dann selbst erst mit den in die graue Substanz eingetretenen Wurzelfasern, in Verbindung stehen. Ich möchte mich für dieses letztere entscheiden, und noch hinzufügen, dass die Wurzelfasern, mit denen diese Fasern der centripetalen Seitenstrangbahn durch die Ganglienzellen in Verbindung stehen, aller Wahrscheinlichkeit nach von der entgegengesetzten Rückenmarkshälfte herstammen, wie ich das noch weiter unten beprechen werde. Die Gründe nun, aus denen ich glaube, dass diese Fasern nicht die directen Fortsetzungen von Wurzelfasern sind, sondern aus eingeschobenen Ganglienzellen stammen, sind folgende:

1) sind die Fasern, wie schon erwähnt, nicht feine, sondern mitteldicke. Wenn wir also nicht annehmen wollen, dass die hin-

teren Wurzeln beide Arten von Fasern führen, und dass diese sich gerade so theilen, dass die dünnen in die Hinterstränge und die dickeren in die Seitenstränge eintreten, so bleiben nur dazwischengelagerte Ganglienzellen zur Erklärung übrig;

2) habe ich bei dem Studium des Faserverlaufes keine Faserzüge auffinden können, welche einen directen Uebertritt durch die graue Substanz hindurch auch nur wahrscheinlich machten.

3) Dagegen gehen von der hinteren Commissur aus und den in und an dieser liegenden Ganglienzellen eine Menge von Fasern nach den hinteren Theilen der Seitenstränge.

Auch diese in den Seitensträngen gelegenen centripetalen Fasern würden nach dem oben Gesagten theils in den Centren des Rückenmarkes theils in denen des Gehirns endigen.

Wir hätten demnach also im Rückenmark zwei centripetale Faserzüge, welche sich aber scharf von einander unterscheiden:

in den Hintersträngen würden Fasern der hinteren Wurzeln derselben Seite direct aufsteigen, und nur solche,

in den Seitensträngen würden Fasern verlaufen, welche erst durch Ganglienzellen mit den in die graue Substanz eingetretenen hinteren Wurzelfasern und zwar denen der anderen Seite zusammenhängen.

Ueber die centrifugal verlaufenden Faserzüge lässt sich nur wenig sagen. Aus den Untersuchungen von Türck, Bouchard u. A. wissen wir, dass in diesen Strängen Fasern vom Gehirn aus in die weissen Rückenmarksstränge eintreten und theilweise bis zum Ende derselben oder fast bis zum Ende darin verlaufen und Näheres kann ich mit Ausnahme des oben bereits Gesagten auch nicht angeben. Aus der Lage der centrifugalen Stränge kann man bei Berücksichtigung des Faserverlaufes in der grauen Substanz mit grosser Wahrscheinlichkeit den Schluss machen, dass dieselben nur durch Vermittelung von Ganglienzellen mit den vorderen Wurzeln in Verbindung treten. (Direct in diese umbiegen können sie natürlich nicht, sondern müssen wenigstens die graue Substanz durchsetzen.) Auffallend ist noch die geringe Mächtigkeit dieser Züge, von denen wir doch annehmen müssen, dass sie die gesammten Willensimpulse für die willkürlichen Körperbewegungen hinführen. Auch diese Thatsache spricht dafür, dass diese centrifugalen Fasern zunächst zu Centren treten, und erst durch diese die gewollten Thätigkeiten auslösen.

Wir kommen nun zu der Betrachtung der sehr interessanten Thatsache, dass bei Weitem der grösste Theil der Vorder- und Seitenstränge aus Fasern besteht, welche weder oberhalb noch unterhalb der Schnittstelle (bei völliger Durchschneidung des Rückenmarkes) auch nur eine Spur von secundärer Degeneration erkennen lassen. Welche Eigenthümlichkeit schützt diese Fasern nun vor der Degeneration? Ich glaube, dass man diese Frage in genügender Weise beantworten kann, wenn man zweierlei annimmt:

erstens, dass die secundäre Degeneration eine functionelle ist, wofür ja eigentlich alle bisherigen Betrachtungen sprechen, und

zweitens, dass die Nervenfasern im Rückenmark ein specifisches Leitungs- oder Erregungsvermögen haben.

Wenn wir diese beiden Sätze acceptiren, so können wir weiter folgenden zur Erklärung der oben erwähnten Thatsache hinreichenden Satz aufstellen:

Diejenigen Fasern, welche nur nach einer Richtung hinleiten, degeneriren so weit als sie von demjenigen Centralorgan abgetrennt sind, von welchem die Erregung ausgeht, diejenigen Fasern, welche nach beiden Seiten leiten, degeneriren nie, da sie stets, mögen sie auch auf irgend eine beliebige Weise durchschnitten werden, auf beiden Seiten mit den Centralorganen in Verbindung bleiben, von denen ihre Erregung ausgeht.

Ich will zunächst mit der Besprechung des zweiten der beiden oben angeführten Vordersätze beginnen, welcher besagt, dass die Fasern im Rückenmark ein specifisches Leitungsvermögen besitzen, derart, dass einige nur nach einer Richtung andere nach beiden zu leiten vermögen.

Ich bin bisher eigentlich durch meine Studien stets zu der Ansicht geführt worden, dass die Nervenfasern kein specifisches Leitungsvermögen besässen, sondern dass die Art und Weise, wie sie leiten, nur von den durch sie verbundenen Organen abhänge. Es war daher natürlich, dass, als ich im Laufe meiner Untersuchungen über den Bau des Rückenmarkes zu immer klareren Vorstellungen über denselben gelangte, und schliesslich sah, dass, wenn man die Architectur wie ich sie mir nach einer Menge von Thatsachen zusammengestellt hatte, wirklich als richtig annehmen wollte, man ein specifisches Leitungsvermögen der Rückenmarksfasern noth-

wendig annehmen müsste, mich dieses einigermaassen überraschte. Später fand ich indess, dass man diese beiden Anschauungen von dem Leitungsvermögen der Fasern wohl verbinden könne, da sich die eine aus der anderen entwickeln liesse. Wenn wir nehmlich auch annehmen, dass die Nervenfasern ursprünglich sämmtlich gleich gebaut sind, so werden wir doch sofort Verschiedenheit unter ihnen einführen, sobald wir sie mit Endorganen von verschiedener Beschaffenheit versehen. Nehmen wir z. B. den Fall an, dass eine Nervenfaser eine motorische Ganglienzelle und eine Muskelfaser verbinde, so wird die Thätigkeit dieser Faser eine fortdauernd eigenartige sein, sie wird stets nur Erregungen von der Zelle zu der Muskelfaser, niemals umgekehrt leiten. Nehmen wir den anderen Fall, dass eine Nervenfaser zwei Reflexzellen, zwei Centren mit einander verbindet, also zwei durchaus gleichartige Elemente, von denen jedes die Fähigkeit besitzt eine Nervenfaser zu erregen, so wird sie eben von beiden erregt werden, bald von dem einen bald von dem anderen Centrum, je nachdem diese selbst sich im Erregungszustande befinden, die Faser wird also nach beiden Seiten leiten. Wenn diese beiden Fasern nun fortdauernd in dieser Weise leiten, die eine nur einseitig, die andere beiderseitig, und dieses nicht nur in dem einen Individuum, sondern durch Generationen von Individuen hinter einander geschieht, sollten die Nervenfasern da nicht in etwas in ihrem Bau verändert werden können, so dass sie ein gewisses specifisches Leitungsvermögen erhalten? Dass dieses geschieht, ist nur Folge ihrer Verbindung mit den betreffenden Endorganen, die auf sie einwirken. Dass wir bis jetzt Unterschiede zwischen den einzelnen Nervenfasern, was anatomischen Bau und chemische Zusammensetzung betrifft, noch nicht kennen, ist durchaus richtig, bei der geringen Kenntniss indess, die wir überhaupt bis jetzt von der feineren molecularen Constitution einer Nervenfaser haben, ist diese Nichtkenntniss kein Grund jene Hypothese nicht aufzustellen, zumal der Unterschied im Bau der beiden Fasergattungen ein sehr geringfügiger sein kann.

Die Gründe nun, deretwegen ich diese Hypothese von dem specifischen Leitungsvermögen aufstellen möchte, will ich im Folgenden auseinandersetzen. Die Fig. 3 Taf. XXI wird meine Ansichten erläutern helfen. Ich bemerke ausdrücklich, dass dieselbe

keine Schema des Rückenmarksbaues giebt, sondern nur zur Erläuterung des Unterschiedes der verschiedenen Arten von Zellen und Fasern dienen soll. Nehmen wir an a, b, c, d seien Gehirnzellen, irgendwo gelegen, von a und b gingen nach dem Rückenmark zu centrifugale Fasern aus, wie sie in der Pyramiden-Seitenstrangbahn etc. gelegen sind, c und d seien im Zusammenhange mit centripetalen Fasern, von denen die Faser id in die Hinterstrangbahn, die Faser hc in die Seitenstrangbahn heraufstiegen, i sei eine Ganglienzelle des Ganglion spinale einer centripetalen Wurzel, h und g Ganglienzellen in den hinteren Theilen der grauen Substanz des Rückenmarkes, welche ich als „Leitungszellen" bezeichne zum Unterschiede von den Reflexzellen, wie ich das weiter unten des Näheren besprechen werde; e und f seien zwei Rückenmarkscentren, ge und hf zwei zu diesen laufende centripetale Fasern, ep und fp nach der Peripherie abtretende centrifugale Fasern der vorderen Wurzeln. Die Gehirnzellen endlich ständen sämmtlich unter einander in Verbindung. Meine Anschauung von der Thätigkeit des Rückenmarks und überhaupt aller Nervencentralapparate ist nun eine rein mechanische. Ich denke mir, dass eine periphere centripetale Faser irgendwie erregt wird, den Erregungsvorgang in der Faser selbst kennen wir nicht, wir müssen uns wohl irgend eine materielle Veränderung, wahrscheinlich chemischer Natur vorstellen, da alle körperlichen Thätigkeiten durch chemische Umsetzungen bedingt werden, nun das ist für den vorliegenden Fall indess ziemlich gleichgültig. Diese Erregung wird nun zu einer Reflexzelle, einem Centrum geleitet, mit dem die Faser in Verbindung steht. Ueber die Thätigkeit der Leitungszellen werde ich später sprechen. Diese Ganglienzelle, dieses Centrum, steht nun durch ihre Ausläufer mit einer Anzahl anderer Fasern in Verbindung; nehmen wir z. B. die Zelle e, so geht ein Fortsatz als periphere Nervenfaser in die vordere Wurzel (ep), einer (eb) als Verbindungsfaser nach der Gehirnzelle b, einer (ef) nach dem Centrum f hin u. s. w. Durch den in der Nervenfaser zugeführten Erregungsvorgang wird die Ganglienzelle in Erregung versetzt, wahrscheinlich wieder eine chemische Veränderung ihres Inhaltes, diese Erregung muss nun natürlich auf die aus ihr entspringenden Nervenfasern einwirken, und, wenn alle gleich sind, alle in Erregungszustand versetzen.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wollen wir nun zu unserem speciellen Falle der secundären Degeneration zurückkehren. Wenn ich durch die gezeichneten Nervenfasern einen Schnitt sss . . . gelegt denke, so finde ich constant, dass as und bs gesund bleiben, ihre unteren Verlängerungen aber degeneriren, dass ferner es und ds degeneriren, sh und sc aber gesund bleiben. Wenn ich durch den Schnitt s,s,s, ... die Fasern trenne, so bleibt as, gesund s, f degenerirt, s, k und s, i bleiben gesund, s, c und s, d degeneriren, es und fs bleiben aber beide gesund. Man hat bisher immer gesagt, und das erschien sehr plausibel, eine Nervenfaser degenerirt, wenn sie von der mit ihr zusammenhängenden Nervenzelle abgetrennt ist. Das stimmte nun für die peripherischen Nerven auch ganz gut. Im Rückenmark treffen wir nun aber das eigenthümliche Verhältniss, das sämmtliche Fasern mit zwei Ganglienzellen in Verbindung stehen. — Man kann dieses wohl behaupten, denn für die Fasern, welche in den centrifugalen Strängen verlaufen und für die centripetale Seitenstrangbahn habe ich die wahrscheinliche Ganglienzellenverbindung schon oben besprochen, und für die in den Hintersträngen direct aufwärtssteigenden Fasern ist es sehr wahrscheinlich, dass sie mit Zellen des Ganglion spinale in Verbindung treten. Wir werden darauf noch später zurückkommen. — Die Rückenmarksfasern hätten also gar nicht degeneriren dürfen; die Thatsache ist nun aber, dass sie es theilweise thun. Man könnte nun die Hypothese von einem trophischen Einflusse der Zellen aufstellen und sagen, bestimmte Zellen haben die Fähigkeit trophisch zu wirken, andere nicht. Eine solche Hypothese würde indessen wirklich völlig willkürlich sein und jedes auch selbst nur Wahrscheinlichkeitsgrundes entbehren. Wir wissen über die trophischen Eigenschaften der Nervenzellen eigentlich gar nichts, und die bis jetzt dafür vorgebrachten Thatsachen lassen sich noch ebenso gut durch functionelle Störung erklären. Wir wissen aber ziemlich sicher, dass die Nervenzellen einen functionellen Einfluss auf die Fasern ausüben, und schon aus diesem Grunde würde ich zunächst den letzteren zur Erklärung obiger Thatsache zu Hülfe nehmen, auch wenn nicht noch manches Andere dafür spräche, dass wir es hier mit functionellen Einflüssen zu thun haben, wie z. B. der Umstand, dass die centripetalen Fasern nur oberhalb, die centrifugalen nur unterhalb des Schnittes degeneriren.

Wenn wir nun aber den Satz aufstellen, eine Nervenfaser im Rückenmark degenerirt dann, wenn sie nicht mehr functionirt, nicht mehr in Erregungszustand gesetzt wird, d. h. also wenn sie von der Zelle getrennt ist, welche ihr diesen Erregungszustand mitzutheilen vermag, so fällt uns sofort auf, dass dieselbe zur Erklärung der Degeneration im Rückenmark nicht ausreicht, wenn alle Nervenfasern dasselbe Leitungsvermögen besitzen. Denn, wenn wir wieder auf unsere Fig. 3 Taf. XXI zurückblicken und den Schnitt s s s . . . berücksichtigen, warum degeneriren die Faserstücke s f und s e, welche doch mit den Zellen e und f verbunden sind, und bei jeder Erregung dieser mit erregt werden müssten? Es ist dieses nur möglich zu verstehen, wenn wir annehmen, dass diese Fasern nur Erregungsvorgänge nach e und f hinzuleiten, aber keine von e und f ausgehende in umgekehrter Richtung fortzuleiten im Stande sind, und das wäre dann eben der Ausdruck eines specifischen Leitungsvermögens. Für ein solches spricht ja übrigens auch sehr entschieden eine von den peripheren Nerven genugsam bekannte Thatsache. Wenn die Nervenfasern wirklich nach beiden Seiten ganz gleichmässig Erregungszustände fortzupflanzen im Stande wären, so müsste man ja durch Reizung peripherer motorischer Nerven die motorischen Rückenmarksarten in Erregung versetzen können, was wohl niemand anzunehmen geneigt sein wird.

Wenn wir also die von mir gemachte Hypothese annehmen, so müssen wir im Rückenmark zwei Arten von Fasern unterscheiden:

1) solche, die nur in einer Richtung leiten: „Leitungsfasern“. Sie dienen dazu um die Organcentren entweder mit der Peripherie oder mit den Combinationscentren zu verbinden, also ungleichartige Theile. Die von Türck, Bouchard u. A. und zuletzt von mir gefundenen und näher beschriebenen Bahnen führen nur diese Leitungsfasern;

2) solche, welche nach beiden Richtungen hinleiten, und welche dazu dienen, die Organcentren (also gleichartige Theile) unter einander zu verbinden: „Commissurfasern“. Zu diesen gehört der grösste Theil der Fasern der Vorder- und Seitenstränge, eben alle mit Ausnahme jener Leitungsbahnen; die Hinterstränge dagegen führen gar keine solchen.

Hieraus folgt dann zugleich weiter, dass man aus Untersuchungen, welche nach den bis jetzt bekannten Methoden angestellt werden, die Länge und Ausdehnung dieser Commissurfasern nicht bestimmen kann.

Ich habe jetzt noch auf die oben schon mehrfach erwähnten „Leitungszellen" einzugehen, welche ich von den Reflexzellen unterscheide.

Zunächst möchte ich noch vorausschicken, dass ich früher in jeder Rückenmarkshälfte durchschnittlich 4 Ganglienzellengruppen unterschied:

die vordere Ganglienzellengruppe,
die seitliche Ganglienzellengruppe,
die hintere mittlere Ganglienzellengruppe,
die Zellen des Hinterhorns.

Jetzt möchte ich noch zwei weitere dazu fügen:

die Ganglienzellen der vorderen Commissur,
die Ganglienzellen der hinteren Commissur.

Ob man die sämmtlichen Zellen des Hinterhorns zusammenfassen darf, ist mir auch fraglich geworden, doch kann ich darüber noch nichts Bestimmtes aussagen.

Es ist nun bereits von früheren Autoren, so Stilling, Jakubowiez und Anderen mehrfach ausgesprochen worden, dass die Ganglienzellen nicht alle dieselbe Function haben, und dieses ist ebenfalls meine Ansicht geworden, wenn ich auch nicht die bisher geltenden Ansichten annehme. Ich möchte nehmlich die Ganglienzellen nicht, wie bisher üblich, in motorische, sensible und etwa noch sympathische theilen, denn das bedingt doch schliesslich keinen Unterschied in der Art und Weise der Function einer Ganglienzelle, für welche es ja natürlich höchst gleichgültig ist, ob der Effect, der erzielt wird, eine Muskelzuckung oder Empfindung oder irgend etwas Anderes ist, sondern ich möchte die Ganglienzellen des Rückenmarkes in Reflex- und Leitungszellen theilen.

Was ich unter den ersteren verstehe, ist aus dem Vorhergehenden klar.

„Leitungszellen" nenne ich solche Ganglienzellen, welche zwei Leitungsfasern derselben Richtung mit einander verbinden, welche also in den Verlauf dieser Fasern nur eingeschaltet sind.

Es sind zwei Gründe, welche mich zu dieser Annahme bewegen.

Erstens nehmlich findet man sowohl unter den Zellen des Hinterhorns, wie unter denen der vorderen und hinteren Commissur solche, welche bipolar sind und mitten in den Faserzügen selbst oder doch an deren Rande liegen, parallel mit der Faserrichtung. Oft erscheinen dieselben nur als ganz leichte spindelförmige Anschwellungen der Fasern, immer haben sie natürlich einen deutlichen Kern und ganz das Aussehen einer Ganglienzelle. Ferner finden sich in denselben Gegenden solche mit 3 oder 4 Ausläufern, namentlich mit dreien, welche in ähnlicher Weise in den Faserzügen gelegen sind und etwa wie lange Pfeilspitzen mit Widerhaken aussehen. Ein Platz, an dem diese Zellen ferner vorkommen, sind die Processus reticulares, in welchen sie mitten in den zwischen den die Processus bildenden senkrechten Faserbündeln der weissen Substanz in grossen Zügen hindurchtretenden horizontalen Fasern liegen, welche aus der weissen Substanz der hinteren Seitenstränge in die graue eintreten, resp. umgekehrt verlaufen. Auch hier liegen diese Zellen stets parallel der Faserrichtung, und wenn sie z. B. drei Fortsätze haben, so haben diese genau die Richtung der um die verticalen weissen Bündel im Bogen herumlaufenden Faserzüge, in die hinein man sie oft eine Strecke weit verfolgen kann. Es unterscheiden sich die Zellen also sowohl durch Aussehen wie Lage bedeutend von denjenigen Zellen, welche wir als sichere Reflexzellen anzusehen gewohnt sind, so die vordere Ganglienzellengruppe etc. Diese liegen in Haufen zusammen, durch ein Netz feiner Ausläufer mit einander verbunden, rings herum laufen Massen von Fasern, welche in verschiedenster Weise in die Haufen eintreten und dort sich mannichfach kreuzend mit den vielfachen Ausläufern der Zellen in Verbindung treten, diese Leitungszellen liegen einsam mitten in oder am Rande von Faserzügen, diesen parallel, weit von ihres Gleichen getrennt, also nicht mit ihnen durch Netze zusammenhängend, sie haben nur wenige Ausläufer, und man kann diese in den Faserzügen weiter laufen sehen, ohne dass sie sich in ihrem Habitus von den anderen Fasern unterscheiden. Es ist entschieden schwer, sich unter solchen Zellen Reflexzellen vorzustellen, namentlich wenn man an die bipolaren denkt.

Der zweite Grund ist der, dass die in den Seitensträngen aufsteigende centripetale Bahn, wie ich schon erwähnte, mitteldicke Fasern führt, und dass es aus diesem und anderen Gründen wahrscheinlich ist, dass die in der weissen Substanz aufsteigenden Fasern erst durch Ganglienzellen mit den aus den Wurzeln in die graue Substanz eingetretenen Fasern im Zusammenhang stehen. Wir haben, wie wir gleich sehen werden, für eine Veränderung der Dicke der Fasern durch eingeschobene Leitungszellen zwei Analoga an anderen Stellen des Centralnervensystems.

Es fragt sich nun, welche Function können solche Zellen haben. Ich kann mir drei Arten ihrer Verwendung vorstellen, und es ist mir sehr wahrscheinlich, dass diese in der That alle drei im Rückenmark zur Verwendung kommen. Es können die Zellen sein:

Verstärkungszellen,
Verknüpfungszellen,
Vertheilungszellen.

Zu den Verstärkungszellen möchte ich alle spindelförmigen Zellen rechnen. Ich kann mir zwei Arten ihrer Function denken.

Erstens nehmlich kann man sich vorstellen, dass sie gewissermaassen als Relais dienen bei langem Faserverlauf, und

zweitens kann man annehmen, dass der Axencylinder der Leitungsfaser aus der Nervenzelle aus mehr oder weniger Axenfibrillen zusammengesetzt hervorgeht als er eintrat.

Ob die erste Annahme überhaupt berechtigt ist, weiss ich nicht, da mir bis jetzt kein unzweifelhaftes Analogon bekannt ist. Wir haben zwar an den peripheren Eingeweidenerven, wie z. B. denen der Blase, eine Menge von Ganglien mit bipolaren Zellen, ob diese aber wirklich nur als Relais dienen, oder auf die zweite oben angeführte Weise ihren Zweck erfüllen, ist bis jetzt noch nicht festgestellt. Vorstellen würde ich mir den Vorgang in folgender Weise: die Nervenfaser führt der Zelle eine Erregung zu, die in Folge des langen Verlaufs in der Faser bereits stark abgeschwächt ist; die Ganglienzelle, in deren Protoplasma die Axenfibrillen endigen, enthält Stoffe, welche sich in einem derartigen Zustande befinden, dass es nur einer geringen Einwirkung bedarf, um eine bedeutende Wirkung zu erzielen. (Dass in den Ganglienzellen ein sehr lebhafter Stoffumsatz vor sich geht, lässt sich unter Anderem schon aus der Vertheilung der Blutgefässe in der grauen und weissen

Substanz schliessen), die in der Zelle ausgelöste Erregung theilt sich der abgehenden Nervenfaser mit, und so kann ein Reiz schon auf weite Strecken geleitet werden, der an sich zu schwach war, eine Nervenfaser auf eine solche Entfernung hin in Erregung zu versetzen.

Für die zweite Annahme: dass eine abtretende Faser mehr oder weniger Axenfibrillen führt, als eine eintretende, haben wir zwei Analoga im Centralnervensystem; ihre Berechtigung ist deshalb wenig zweifelhaft. Erstens nehmlich führt M. Schultze bei einer Besprechung der Ganglienzellen der Retina in seinem Aufsatze in dem Handbuche der Gewebelehre von Stricker, S. 1004 bis 1006, ein solches Beispiel an. Hier besteht nehmlich das eigenthümliche Verhältniss, dass stets die peripheren Fortsätze der Ganglienzellen stärker sind als die centralen, und zwar gilt dies sowohl für die Ausläufer der an der Macula lutea nur bipolaren Zellen der eigentlichen Ganglienzellenschicht wie für die immer bipolaren Ganglienzellen der inneren und äusseren Körnerschicht. M. Schultze spricht sich dann S. 1006 folgendermaassen aus:

„Sehr merkwürdig für die Erklärung der Bedeutung der Nervenzellen im Allgemeinen muss das in Fig. 357 dargestellte Verhältniss erscheinen, dass die Fortsätze der nervösen Zellen der Retina nach der Peripherie zu immer dicker sind als nach dem Centrum. Rührt die verschiedene Dicke von der verschiedenen Zahl der elementaren Nervenfibrillen her, so würden letztere an der Peripherie zahlreicher sein als im Centrum, was nur durch eine Vermehrung der Fibrillenzahl innerhalb der nervösen Zellen zu erklären wäre.“ Statt Vermehrung würde ich hier nun lieber Verminderung sagen, da die Fasern ja centripetal sind, für den Vorgang selbst ist das ja aber gleichgültig. Was diesen Fall für uns so werthvoll macht, ist ausser der einfachen Thatsache einmal der Umstand, dass man die Retina nach unseren jetzigen Anschauungen geradezu als einen Hirntheil, also als centrales Nervensystem betrachten kann, und zweitens der Umstand, dass man hier nicht im Geringsten zweifelhaft sein kann, dass man es hier nicht mit Reflexganglienzellen, sondern nur allein mit „Leitungszellen“ zu thun haben kann, dass also solche Zellen im centralen Nervensystem unter so bewandten Verhältnissen überhaupt vorkommen, wird hierdurch schlagend bewiesen.

Der zweite Fall der Art wurde mir erst während des Niederschreibens dieser Arbeit bekannt, als ich mit meiner Theorie schon im Reinen war, da mir die Schrift, in der die Arbeit enthalten war, nicht vor Augen gekommen war. Um so mehr interessirte es mich, dass der Autor, der mit der meinigen so übereinstimmenden Ansicht war, dass die bipolaren Ganglienzellen allgemeiner die Bedeutung hätten, das Kaliber der zutretenden Faser zu verstärken. Merkel fand nehmlich[1]), dass in der von ihm als trophische Trigeminuswurzel bezeichneten Stelle des Gehirns grosse bipolare Nervenzellen existirten, in welche auf der einen Seite eine feine Faser eintritt, auf der anderen eine dicke Faser austritt. Also ein ganz analoger Fall wie in der Retina und wie im Rückenmark nach meiner Hypothese. Nach dieser würde man dann übrigens diesen Trigeminuskern, wahrscheinlich als eine Anhäufung von Leitungszellen zu betrachten haben; ich sage nur „wahrscheinlich", da nicht geläugnet werden kann, dass auch Reflexzellen gleiche Verhältnisse darbieten können.

Ich glaube, dass man, nach dem eben Gesagten, meiner Hypothese eine gewisse Berechtigung nicht wird absprechen können.

Wenn man übrigens annimmt, wie ich es zu thun geneigt bin, dass eine mit einer Ganglienzelle in Verbindung tretende Nervenfaser in dieser wirklich endigt, so hat es weiter keine Schwierigkeit, sich aus dieser Zelle eine neue Nervenfaser hervorgehend zu denken, welche eine grössere oder geringere Menge von Axenfibrillen besitzt. Von wie ungemein grosser practischer Bedeutung die Sache aber sein muss, liegt auf der Hand. Es kann sehr wohl zur feinen und genauen Aufnahme eines Reizes eine bedeutende Anzahl von Axenfibrillen, welche sich in dem Sinnesorgane ausbreitend nach den verschiedensten Punkten hinlaufen, nothwendig sein, während zur Fortleitung des Reizes nach wenigen Centralorganen, nur wenige Axenfibrillen nöthig sind. So findet dann durch eine dazwischen geschobene Zelle einfach eine Uebertragung des bisher in vielen Axenfibrillen verlaufenen Reizes auf die wenigen statt. Ebenso leicht ist der umgekehrte Fall denkbar: auf einen bestimmten von einer Anzahl von Axenfibrillen aufgefangenen Reiz soll eine bestimmte Bewegung erfolgen. Die Bewegung ist

[1]) Merkel, Die trophische Wurzel des Trigeminus. Untersuchungen aus dem anatomischen Institute zu Rostock. Rostock. Stiller. 1874. S. 1—21. 1 Taf.

complicirt, es muss eine grössere Anzahl nahe aneinander liegender Ganglienzellen direct erregt werden. Die Erregung wird durch eine Leitungszelle auf eine der Anforderung entsprechende Zahl von Axenfibrillen übertragen, und diese verbinden sich, an ihrem Ziele angelangt, sich vertheilend mit den Protoplasmaausläufern der Ganglienzellen.

Ich stelle mir die Entstehung der sogenannten „feinen Fasernetze" in der grauen Substanz des Rückenmarkes überhaupt in folgender Weise vor:

Erstens giebt es wirkliche Netze; diese entstehen nur durch die Verbindung der Protoplasmaausläufereiner Ganglienzelle mit denen von anderen in der Nähe befindlichen. Es sind dieses also nichts weiter als feine Commissuren unter den Ganglienzellen.

Zweitens giebt es scheinbare Netze, die aber in Wahrheit Plexus sind. Es sind diese dadurch gebildet, dass die Axencylinder der Nervenfasern, nachdem sie in die graue Substanz eingetreten sind, sich auflösen und die Fibrillen dann nach sehr verschiedenen Richtungen hinlaufend sich mit den Protoplasmaausläufern der Ganglienzellen verbinden. Wirkliche Anastomosen unter den Fibrillen nehme ich nicht an.

Ich werde diese Ansicht, die ich hier nur beiläufig kurz anführe, in einer weiteren Arbeit einer näheren Besprechung unterziehen.

Auf eine ganz ähnliche Weise nun denke ich mir den Vorgang bei den Verknüpfungs- und Vertheilungszellen. Ich nehme z. B. an, dass eine centripetale Faser in eine solche mit drei Ausläufern verschene Zelle mündet. Es wird in diesem Falle die Möglichkeit gegeben sein, eine durch die Faser geleitete Erregung zwei anderen Nervenfasern mitzutheilen, welche nach verschiedenen Richtungen auseinanderlaufend auf weite Strecken hin in der weissen oder grauen Substanz verlaufen können. Es können so durch dieselbe Erregung gleichzeitig weit auseinanderliegende Centra erregt werden, ohne dass deshalb die Zahl der Erregung zuleitenden Fasern in's Ungeheuere vermehrt zu werden braucht. Dieses wäre ein Vertheilungsvorgang; der Verknüpfungsvorgang wäre einfach umgekehrt; ebenso ist ja die Anwendung auf centrifugallaufende Fasern leicht.

Es wird dem Leser dieser Arbeit wahrscheinlich schon auf-

gefallen sein, dass die Ausdrücke centrifugale und centripetale Fasern bei der Anschauung von dem Bau des Rückenmarkes, wie ich sie hier aufgestellt habe, eigentlich jede specifische Bedeutung verloren haben. Ich habe diese Ausdrücke indess doch bisher immer angewendet, weil sie die bis jetzt gebräuchlichen waren, und ich glaube auch, dass keine Missverständnisse daraus entstanden sein werden. Wenn wir aber die von mir mitgetheilte Theorie von dem Bau des Rückenmarkes annehmen, so wird es allerdings nöthig sein, neue Bezeichnungen für die Fasern einzuführen. Was für Fasern giebt es denn nun eigentlich?

1. Diejenigen, welche von der Peripherie des Körpers dort empfangene Reize zum Centralorgane leiten. Diese hat man bisher als sensible, centripetale, excitomotorische, reflexerregende Fasern bezeichnet. Nach meinen Anschauungen laufen die Fasern also:

a) zu Organcentren,

b) zu Combinationscentren,

c) muss es im Gehirn derartige Fasern geben, welche zu den Organen der Empfindung hinlaufen. Ob diese Fasern direct von der Peripherie kommen, oder einmal oder mehrfach durch Zellen unterbrochen sind, ist nicht zu sagen, ist aber auch gleichgültig, da diese immerhin nur Leitungszellen sein könnten, welche ja eigentlich einen Theil der Bahn ausmachen.

Wir sehen also, dass alle jene früheren Bezeichnungen für einen Theil dieser Fasern passen, aber nicht für alle; centripetal sind sie alle, aber auch dieser Ausdruck ist nicht verwendbar, weil es noch andere wohl zu unterscheidende centripetale Fasern giebt. Das einzig gemeinsame, was sie alle haben, ist das, dass sie einen Reiz führen, der sie in Erregung versetzt hat, sei es nun, dass dieser Reiz die äussere Körperoberfläche und die Sinnesorgane, oder die innere Körperfläche, den Darm, oder irgend ein inneres Organ betroffen hat. Ich will diese Fasern daher allgemein als „Reizführende Fasern“ oder kürzer und, wenn auch nicht schön, doch verständlich als „Reizfasern“ bezeichnen.

Die Unterabtheilungen dieser ergeben sich aus Obigem von selbst:

Reizfasern:

a) reflexerregende, welche zu den Organ- und Combinationscentren verlaufen;

b) sensible, welche zu den Organen der bewussten Empfindung verlaufen.

2. Diejenigen Fasern, welche von den Combinationscentren höherer Klasse zu denjenigen niederer Klasse, oder von einem Combinationscentrum zu einem Organcentrum verlaufen, oder von einem Organcentrum im Rückenmark oder Gehirn zu einem peripherisch gelegenen Organcentrum, Ganglion, oder von einem Organcentrum direct zu einem Organ. Diese hat man bisher als centrifugale oder motorische Fasern bezeichnet. Auch diese Bezeichnungen passen nicht für alle. Denn wenn eine Faser von einem Combinationscentrum zu einem Organcentrum verläuft, so ist sie sowohl centripetal wie centrifugal, und wenn eine Faser zu einer Drüse läuft, ist sie nicht motorisch. Alle diese Fasern haben aber das Gemeinsame, dass sie eine von einer Ganglienzelle ausgehende „Erregung“ fortleiten zu einem anderen Organe. Ich will sie daher unter dem gemeinsamen Namen der „Erregungsfasern“ zusammenfassen. Ihre Unterabtheilungen ergeben sich von selbst, brauchen aber, glaube ich, keine besonderen Namen zu erhalten.

3. Diejenigen Fasern, welche ich oben schon von den Leitungsfasern, zu denen die vorigen gehören, schied unter dem Namen der „Commissurfasern“. Sie sind allerdings auch solche, welche eine Erregung leiten, unterscheiden sich aber sonst von den vorigen streng genug, um den besonderen Namen zu rechtfertigen.

Soweit über die Fasern.

Was nun unsere obigen Leitungszellen anbetrifft, so wird man mir entgegenhalten, dass ich auf diese Weise Ganglienzellen mit zwei, drei oder vielleicht noch mehr Axencylinderfortsätzen postulire. Ich bin mir dessen wohl bewusst, glaube mich aber berechtigt, es zu thun. Trotz der von vielen Forschern angewandten Mühe sind erst vor wenigen Jahren von Merkel, Beisso und mir (zufällig fast gleichzeitig und völlig unabhängig von einander) im Rückenmark und Gehirn an Ganglienzellen zwei Axencylinderfortsätze nachgewiesen worden, und zwar auch nicht an isolirten Zellen, sondern an Zellen in situ. Ich halte daher das bisherige Fehlen von Beobachtungen von Zellen mit mehreren Axencylinderfortsätzen, für durchaus keinen Grund, meine durch andere Gründe gestützte Hypothese nicht aufzustellen, umsomehr als die

Fortsätze der Zellen, soweit man sie verfolgen kann, durchaus den Eindruck von Axencylinderfortsätzen machen. Hier möchte ich noch die Bemerkung anfügen, dass es mir sehr wahrscheinlich ist, dass die Spinalganglien, in denen man meist bipolare aber auch mit mehr Fortsätzen versehene Ganglienzellen findet, nichts weiter sind als Anhäufungen von Leitungszellen. Vielleicht stammen gerade die in den Hintersträngen aufsteigenden Fasern von diesen Zellen ab, die sonst auf ihrem ganzen Verlaufe bis zum Gehirn keine Leitungszellen besitzen würden. Doch ist dieses bis jetzt eben nur eine Vermuthung, die der näheren Untersuchung noch erst bedarf, um wirklichen Werth zu bekommen.

Soweit hierüber.

Sehr interessant ist es nun, dass auch die durch das Studium der Entwickelungsgeschichte des Rückenmarkes gefundenen Resultate zu Gunsten unserer obigen Annahmen, sowohl was den Faserverlauf als auch, was den Unterschied zwischen Leitungs- und Commissurfasern betrifft, sprechen. Flechsig[1]) hat nachgewiesen, dass bei neugebornen Kindern gerade diejenigen Partien der Vorder- und Seitenstränge, welche den Türck'schen centrifugalen Bahnen in der Hülsenvorderstrangsbahn und der Pyramidenseitenstrangsbahn entsprechen, noch nicht völlig ausgebildet sind, sondern zwar schon Axencylinder erkennen lassen, aber des Marks noch entbehren. Hierdurch werden sie also vor den anderen Faserzügen, welche alle schon früher, theilweise, wie in den Hintersträngen, schon im 5. Monat markhaltige Fasern führen, ausgezeichnet und als besonders functionirende Stränge bezeichnet. Wir wissen nun aber ferner, dass um die Zeit der Geburt auch die Ausbildung des Gehirns noch sehr zurück ist, und dass in der ersten Zeit nach der Geburt noch keine Bewegungen von der Gehirnrinde aus hervorgerufen werden können, wie das in neuester Zeit Soltmann durch Untersuchung an jungen Hunden experimentell nachgewiesen hat. Wir können also hiernach wohl dem Satze, den Flechsig aufstellt, beistimmen:

„dass die Bildung und Integrität der Markscheide mit dem

[1]) Ueber einige Beziehungen zwischen secundären Degenerationen und Entwickelungsvorgängen im menschlichen Rückenmark. Arch. f. Heilkunde. Jahrgang XIV. 1873. S. 464.

Ablaufe von Erregungszuständen im Axencylinder innig zusammenhängen dürfte;“

und darin einmal einen weiteren Beweis dafür sehen, dass unsere secundäre Degeneration in der That als eine functionelle aufzufassen ist, und

zweitens dafür, dass die Fasern ein specifisches Leitungsvermögen haben und somit also die Commissuren und Leitungsbahnen sich unterscheiden, da auch bei der Entwickelung die Verbindung mit einer Reflexzelle im Rückenmark nicht zur Ausbildung der Fasern genügt, sondern die völlige Entwickelung der Erregungszelle dazu nothwendig erscheint.

So sehen wir denn, dass eine Reihe von Thatsachen, welche sehr verschiedenen Zweigen der Anatomie, selbständigen Wissenschaften, angehören, sich ungezwungen zu einem harmonischen Ganzen verbinden lassen. Betrachten wir das so Gefundene und die darauf gegründeten Hypothesen und Schlüsse, so ist das Resultat insofern ein erfreuliches, als es uns befähigt, uns ein Bild von dem Faserverlauf in der gesammten weissen Substanz des Rückenmarkes zu machen, und auf die Bedeutung der Ganglienzellen und mancher Faserzüge der grauen Substanz ein helleres Licht wirft. Wir vermögen jetzt, uns den Faserverlauf im Rückenmark namentlich in der weissen Substanz, vor unserem geistigen Auge aufzubauen, und wenn auch so manches Detail noch fehlt, so sind doch wenigstens die Hauptpfeiler da, an welche das Rankenwerk sich lehnen kann. —

Sehen wir nun zu, ob wir das eben gewonnene anatomische Skelett nicht durch einige physiologische Beobachtungen beleben können.

Wie wir eben anatomisch die Reizbahnen besser ausarbeiten und begrenzen konnten als die Erregungsbahnen, so ist es jetzt mit der Bestimmung der physiologischen Bedeutung der einzelnen Bahnen der Fall. Es lässt sich absolut nichts Sicheres über die specielle Function der einzelnen Erregungsbahnen sagen. Etwas anders liegt die Sache mit den Reizbahnen.

Ich erkläre hier nun gleich im Voraus, dass ich nicht die ganze reichhaltige physiologische Literatur anführen werde, sondern nur einige wenige Arbeiten, die Resultate enthalten, welche mir gerade am meisten für meinen Zweck passend erschienen.

Es liegt hier nun zunächst die von Schiff[1]) aufgestellte Behauptung vor, dass die Hinterstränge specifische Leitungsbahnen seien für das Tastgefühl (dazu gehörig: Gefühle des Kitzels) und diesem nahestehende Gefühle: Temperaturempfindung, Muskelgefühle, die alle das Gemeinsame haben, dass sie:

1. eine feine Maassbestimmung und
2. eine genaue Localisation zulassen.

Schiff stützt seine Ansicht durch eine Anzahl sehr interessanter Experimente, welche zugleich ergeben, dass die Leitung für diese Empfindungen im Rückenmark eine gleichnamige ist, im Gegensatz zu der gekreuzten Leitung des Schmerzgefühls, und dass die graue Substanz nicht wie bei der Leitung dieses letzteren vicariirend eintreten kann. Schröder van der Kolk hatte damals schon behauptet, dass ein Theil der aus den hinteren Wurzeln in das Mark tretenden Fasern direct umbiege und zum Hirn verlaufe, während ein anderer Theil sich in die graue Substanz begäbe. Schiff weist diese Hypothese als noch unbegründet zurück, und meint, die Fasern könnten eben so gut in die graue Substanz ein- und dann nach Verbindung mit Ganglienkugeln zurücktreten, eine Anschauung, der sich auch Sanders[2]) lieber anschliessen zu wollen erklärt. In einer neueren Arbeit spricht sich, was die Thatsache der Tastleitung anbetrifft, Schiff[3]) übereinstimmend mit seinen früheren Angaben aus. Er verweist zugleich auf die Uebereinstimmung der Symptome der Tabes dorsualis mit der Annahme einer solchen specifischen Leitung.

Sehr hübsch ist die Uebereinstimmung, welche die Symptome in dem von Wilhelm Müller (in einer schon oben angeführten Arbeit) beschriebenen sehr klaren Falle von partieller Rückenmarksdurchschneidung durch Messerstoss bei einem gesunden erwachsenen

[1]) J. M. Schiff, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. Lahr 1858-1859.

[2]) H. Sanders, Geleidingsbanen in het ruggemerg voor de gevoolseindrukken. Groningen 1866. Jahresbericht von Henle und Meissner für 1865 (1867). S. 433.

[3]) Cenno sulle Ricerche fatte del Prof. M. Schiff nel laboratorio di fisiologia del Museo di Firenze durante il 1 Trimestre 1872. Relatione del Dottor A. Mosso, alliero del Laboratorio. Estratto dal giornale „La Nazione“ 1872. No. 102, 109, 110, 116. S. A. 12. 59 S. Jahresbericht von Hoffmann und Schwalbe f. 1872 (1873), S. 514.

Mädchen mit den durch das physiologische Experiment gefundenen Thatsachen zeigen. Es war hier die ganze linke Hälfte des Marks und in der rechten der Hinterstrang im oberen Dorsaltheile durchschnitten. In Folge dessen wurde oberflächliche Berührung unterhalb des IV. Intercostalraumes nicht mehr wahrgenommen, dagegen waren intensivere Reize (Druck, Stoss, Kälte) linkerseits sehr empfindlich, rechterseits wurden auch intensivere Reize nicht gefühlt. Also für die Schmerzempfindung auch hier wieder gekreuzte Leitung.

Nach den oben angeführten anatomischen Betrachtungen erscheinen nun diese physiologisch-pathologischen Beobachtungen von ausserordentlich grossem Werthe, während sie bisher, wenn auch als interessant, so doch als immerhin zweifelhaft, da mit den Vorstellungen von dem Bau des Rückenmarkes nicht recht vereinbar galten. Nach meiner Ansicht nun theilt sich in der That jede hintere Wurzel in zwei Theile, deren eine direct in die graue Substanz tritt, deren andere direct in den weissen Hintersträngen nach aufwärts steigt, um theils in verschieden hoch gelegenen Rückenmarksabschnitten theils im Gehirn zu endigen, ohne sich zu kreuzen. Es werden also auf diese Weise die Centren direct durch eine Faser mit der Körperoberfläche in Verbindung gesetzt, eine Faser, die höchstens durch Leitungszellen unterbrochen ist, welche ja nach meiner Ansicht der isolirten Leitung keinen Eintrag thun. So ist es denn leicht begreiflich, dass sowohl eine genaue Localisation, wie eine genaue Maassbestimmung der Erregung der Faser, also des einwirkenden Reizes, möglich ist.

Es liegen nun ferner eine bedeutende Anzahl von Beobachtungen vor; dass alle diejenigen Gefühlseindrücke, welche man als schmerzhafte zu bezeichnen pflegt, im Rückenmark gekreuzt verlaufen, und dass sie sowohl durch die weisse wie durch die graue Substanz allein geleitet werden können. Was Schmerzempfindung ist, ist schwer zu definiren, jedenfalls ist sie aber vollkommen verschieden (qualitativ) von jenen anderen tactilen Empfindungen, und wird aller Wahrscheinlichkeit nach auch von besonderen peripheren Nerven geleitet, im Rückenmark hat sie, soviel geht aus den vorliegenden Beobachtungen mit Sicherheit hervor, ihre eigene Leitungsbahn, die von jener des Tastgefühls etc. verschieden ist. Da nun ferner die graue Substanz sich als schmerzleitend erwies, so lag es nahe, wie es auch von einer Reihe von Autoren geschehen ist,

anzunehmen, dass das anatomische Charakteristicum der Schmerzleitung die Leitung durch Ganglienzellen sei. Es sprach dafür noch manches andere: so erstens das Irradiiren des Schmerzes, das freilich ebenso gut auch im Centralendapparat vor sich gehen konnte, ferner der Umstand, dass man eine Schmerzempfindung bei verlorener Tastempfindung nicht mehr so genau localisiren kann, ferner die Erscheinung der Analgesie, die man einmal bei Anwendung von Betäubungsmitteln (Chloroform etc.) bemerkte, wobei man annahm, dass zunächst die Ganglienzellen afficirt würden, und dann in manchen Nervenkrankheiten, wie Hysterie, wo man sich der Hauptsache nach doch auch nur die Ganglienzellen als erkrankt vorstellen kann. Sehr eigenthümlich war bei der Schmerzleitung immer, dass man eine Kreuzung der Leitung auffand. Ob diese eine vollständige oder eine unvollständige sei, darüber entbrannte schon unter den ersten Forschern, die sich mit der Frage befassten, ein Streit, der noch jetzt in keiner Weise entschieden ist. Die Hauptrepräsentanten in demselben waren und sind wohl noch jetzt Brown-Séquard und Schiff. Dieser letztere bemerkt schon in seinem oben citirten Lehrbuche der Physiologie, dass er sich nach den von ihm gefundenen Thatsachen der Ansicht von Brown-Séquard, dass eine völlige Kreuzung der Schmerzbahnen existire, nicht anschliessen könne, dass die ganze Frage aber seiner Meinung nach überhaupt unnütz werde, sobald man die streng isolirte Leitung durch einfache Nervenfasern aufgebe und ein grosses Ganglienzellennetz mit seinen zahllosen Verbindungen als Leitungsbahn einführe. Dennoch zwingen ihn selbst seine Beobachtungen, denn doch wenigstens zwei durch einandergeschobene Netze anzunehmen, die sich nach rechts und links gegenseitig überragen. Wenn es mir nun hier vergönnt ist, meine Meinung über diesen Gegenstand auszusprechen, so muss ich sagen, ich glaube, beide streitenden Parteien haben Recht und Unrecht, wie das ja so häufig vorkommt. Meiner Meinung nach muss man im Rückenmark zwei Leitungsbahnen für die Schmerzempfindung annehmen, eine isolirte und eine nicht isolirte. Als die anatomische Grundlage der ersten würde ich die Reizbahn im Seitenstrange ansehen, als die der letzteren scheint man, nach den physiologischen Thatsachen zu schliessen, einen grossen Theil der Ganglienzellen der grauen Substanz ansehen zu müssen. Diese letztere

Bahn betrachte ich indessen nur als eine solche, welche nur wirklich von Wichtigkeit wird, d. h. auf weite Strecken leitet, wenn die andere zerstört ist, und welche zweitens auch bei sehr heftigen Reizen betreten wird, bei denen dann weder eine Localisation des Schmerzes noch eine specifische durch ihn angeregte Bewegung mehr erkennbar ist. Was jene erste isolirte Bahn betrifft, so sprechen alle physiologischen Beobachtungen dafür, dass sie in der That im Rückenmark sehr bald eine völlige Kreuzung erfährt, anatomisch hat sich eine solche bis jetzt noch nicht sicher nachweisen lassen, da derartige experimentelle Untersuchungen noch fehlen, wohl aber macht der Faserverlauf in der grauen Substanz eine solche Kreuzung sehr wahrscheinlich. Dass die graue Substanz hier aber nothwendig in Betracht gezogen werden muss, habe ich schon erwähnt, denn nur aus Bündeln der hinteren Wurzeln, welche in sie eintreten, und mit Ganglienzellen in Verbindung treten, kann die Reizbahn im Seitenstrang hervorgehen. Die Anzahl der Fasern der hinteren Wurzeln, welche zu diesen Leitungsbahnen verbraucht werden, ist indess nicht so gross, eine Menge dicker Bündel ziehen, wie ich das in einer früheren Arbeit genauer beschrieben habe, zu den verschiedenen Ganglienzellenhaufen derselben und vielleicht auch der entgegengesetzten Seite des Markes hin, und diese werden, im Falle die isolirte Bahn in der weissen Sustanz leitungsunfähig gemacht ist, den Reiz zu den Ganglienzellensäulen hinleiten und in diesen wird derselbe dann durch das Netz der Fortsätze derselben sich weiter fortpflanzen. Es stimmen mehrere physiologische Thatsachen mit unserer Annahme recht gut überein. So die von Schiff (Lehrb. d. Physiol.) mitgetheilte, auf Grund deren er damals seine beiden Nervenkugelnetze construirte. Wenn man ein Rückenmark zuerst halbseitig durchschneidet, tritt das gewöhnliche ein: Hyperästhesie (stark oder schwach, vielmals kaum ausgesprochen) auf der Seite des Schnittes, auf der anderen überall auch Gefühl. Führt man nun den Schnitt allmählich immer weiter in die andere Rückenmarkshälfte hinein vor, so bleibt die gleichnamige Seite wesentlich unverändert, auf der dem Schnitt entgegengesetzten Seite aber, wo also noch unverletzte Rückenmarkssubstanz vorhanden ist, nimmt die Gefühlsleitung mehr und mehr, zuerst an Schnelligkeit, dann aber auch an Intensität ab. Das Gefühl wird stumpfer, ohne indess für bestimmte Hautstellen zu ver-

schwinden, was sehr wichtig ist, und hört endlich, wenn nur noch ein ganz schmaler Streifen grauer Substanz übrig ist, ganz auf. Der weisse Seitenstrang leitet also weiter keine Reizfasern derselben Seite, folglich findet auf derselben Seite überhaupt keine isolirte Leitung im Rückenmark statt, sondern diese geschieht lediglich im Seitenstrang der entgegengesetzten Seite. Dagegen ist wohl eine nicht isolirte Leitung auf derselben Seite vorhanden, die vicariirend eintreten kann. Es scheint bei dieser gerade die grosse seitliche Ganglienzellengruppe resp. Säule eine bedeutende Rolle zu spielen. Wenn das Messer beginnt, diese einzuschneiden, wird die Empfindung dumpfer, und wenn nur noch die äussersten Randzellen vorhanden sind, die ja natürlich, auch wenn noch einige Leitungsbrücken vorhanden sind, durch die Operation stark afficirt werden, hört die Gefühlsleitung auf. Sehr charakteristisch ist auch die eintretende Verlangsamung der Leitung, denn je weniger von den Ganglienleitungsbahnen noch übrig ist, um so grössere Umwege muss der geleitete Reiz natürlich nehmen.

Was nun die specifische Empfindung des Schmerzes anlangt, so ist diese wohl nicht auf eine besondere Art der Leitung zurückzuführen, sondern hängt vermuthlich von dem Centralendapparat im Gehirn ab, welchen man vielleicht auch für die Schmerzirradiation verantwortlich machen kann.

In dieser Seitenstrangbahn verlaufen nun höchst wahrscheinlich auch diejenigen Nervenfasern, bei deren Reizung reflectorisch eine Blutdrucksteigerung eintritt. Wenigstens fanden Mieschers [1]) und Nawrocki [2]), dass diese Fasern im Lendenmark im Seitenstrange und sämmtlich gekreuzt verliefen.

Besser werden wir uns vielleicht noch ausdrücken, wenn wir sagen: die in den Seitensträngen aufsteigenden Reizfasern haben je nach den verschiedenen Centren, in denen sie endigen, verschiedene Wirkungen; ihre Erregung kann bewirken:

1. Schmerzempfindung.
2. Thätigkeit von Muskeln und Muskelgruppen.
3. Blutdrucksteigerung etc. etc.

[1]) F. Mieschers, Zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmark. Berichte d. kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Jahrg. 1870. S. 404.

[2]) Nawrocki, Beitrag zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmark. Ebenda. Jahrg. 1871. S. 585.

So haben wir also im Rückenmark zwei grosse scharf von einander geschiedene Reizbahnen, die sich von unten hinauf bis zum Gehirn erstrecken. Sie sind diejenigen, durch welche sämmtliche unseren Körper betreffende Reize uns zum Bewusstsein kommen, durch welche sämmtliche reflectorischen Bewegungen ausgelöst werden. (Natürlich soweit nur als die Rückenmarksnerven sich ausbreiten.) Wir können diese beiden Reizbahnen vielleicht mit schon oft gebrauchten Worten als die „tactile" und „pathische" Bahn bezeichnen, wenn wir nicht vorziehen, sie einfach als die „Seitenstrangsbahn" und „Hinterstrangsbahn" anzusehen, was jedenfalls objectiver ist. Dass durch Schmerz bedeutende Reflexbewegungen hervorgerufen werden können, ist ja schon lange bekannt, und wird Keinem schwer fallen sich vorzustellen, aber auch mächtige Reflexe in Folge tactiler Reize haben wir in der neueren Zeit kennen gelernt. Man denke nur an die gewaltigen Reflexbewegungen nach Kitzeln, an die Blasencontraction in Folge von sanftem Reiben der Schenkelhaut, an die Bewegungen der Extremitäten in Folge von Reizung der dem Muskelgefühl dienenden Nerven, an die Regulirung, die jede unserer Bewegungen durch Haut und Muskelnerven in jedem Augenblicke erfährt, an die Erection des Penis in Folge von Reiben der Vorhaut etc. etc., wie sie in neuerer Zeit am Säugethier besonders von Freusberg (Pflüger's Arch. u. Arch. für Pharmakologie etc.) studirt worden sind, und man wird die Wichtigkeit dieser Reflexbahn nicht unterschätzen.

Sehr eigenthümlich ist es, dass wir sowohl bei den Reizbahnen wie bei den Erregungsbahnen eine genaue Zweitheilung antreffen. Ob dieselbe in Beziehung steht zu der von Meynert angenommenen doppelten Rückenmarks-Gehirnbahn, der Hauben- und Basisbahn, ist sehr wohl möglich, kann aber erst nach weiterer genauer Verfolgung dieser Rückenmarksbahnen im Gehirn, womit ich mich augenblicklich beschäftige, entschieden werden.

Ich bin hier nun noch genöthigt, einer Arbeit Erwähnung zu thun, die ich lieber unerwähnt gelassen hätte. Ich muss es thun, da die in dieser Arbeit mitgetheilten Resultate in Beziehung auf den Faserverlauf im Rückenmark den meinigen theilweise direct widersprechen. Es ist dies die 1874 von Woroschiloff[1]) mit-

[1]) Woroschiloff, Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch

getheilte Arbeit. Derselbe findet, dass weder in den Hintersträngen noch in den Vordersträngen lange Bahnen vorhanden sind, sondern gestattet beiden nur kurze Commissuren. Es ist eine in gewisser Beziehung sehr interessante Arbeit. Der rein technische Theil derselben, was Apparate, Art und Weise des Experimentirens anlangt, ist wirklich wahrhaft ausgezeichnet, und sicher sind noch niemals bis jetzt theilweise Rückenmarksdurchschneidungen mit solcher Genauigkeit ausgeführt und constatirt worden, dagegen ist die ganze Verarbeitung des Gefundenen eine so mangelhafte, die ganze Anschauung von dem Bau des Rückenmarkes, und von der Einwirkung, welche eine Rückenmarksoperation an sich auf dieses Organ ausüben kann, eine so wenig klare, dass die Resultate vollkommen unbrauchbar sind. Sehr werthvoll und angenehm für den Leser ist, dass wenigstens das objectiv Gefundene jedesmal genau mitgetheilt wird, so dass man sich selbst ein Bild von der Sache machen kann. Ich wollte diese kurzen Bemerkungen hier nur noch machen, damit es nicht schiene, dass ich eine Arbeit übersehen hätte, welche durch die Vorzüglichkeit ihres technischen Theils Anfangs dem Leser sehr wichtig erscheint; sie genauer hier durchzugehen und jeden einzelnen Theil zu widerlegen, würde mich hier zu weit führen, zumal ich dann noch eine weitere Arbeit von Owsjannikow[2]) berücksichtigen müsste, auf die Woroschiloff sich stützt, und die zu meiner vorliegenden Arbeit in keiner Beziehung steht, aber sonst genau so beschaffen ist wie die von Woroschiloff. Mögen Physiologen von Fach diese Arbeiten kritisiren, wenn sie es der Mühe werth erachten. —

Ich will hier am Schlusse kein Resumé der verschiedenen Resultate dieser Arbeit geben; man kann dieselben doch nur im Zusammenhange verstehen. Ich habe auf Grund von gefundenen Thatsachen mir einige neue Anschauungen über die Architectur des Rückenmarkes gebildet und ein Theil dieser sowie die sich daran schliessenden Hypothesen in der vorliegenden Arbeit mitgetheilt. Wie weit dieselben Anklang finden werden, weiss ich nicht,

das Lendenmark des Kaninchens. Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Berichte der sächs. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig. 1874. S. 248.

[2]) Ph. Owsjannikow, Ueber einen Unterschied in den reflectorischen Leitungen des verlängerten und des Rückenmarkes der Kaninchen. Berichte d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1874. S. 457.

wie weit dieselben sich als richtig erweisen werden, hängt von künftigen Untersuchungen ab. Berechtigt sind dieselben wenigstens, wie ich glaube, alle, da sie auf bestimmte Thatsachen fussen, und physiologische Betrachtungen besser erklären als die bisher gültigen. Wenn ich in meiner Kritik von Arbeiten Anderer theilweise scharf gewesen bin, so habe ich dieses selbstverständlich nur im Interesse der Sache ohne alle persönlichen Nebenrücksichten gethan, und ich hoffe, dass ich in meiner Selbstkritik eben so streng gewesen sein werde. Eine schematische Darstellung des Baues des Rückenmarkes werde ich, wie ich hoffe, in einer demnächst erscheinenden Arbeit geben können, in der ich den Bau der grauen Substanz noch näher berücksichtigen werde.

Nachschrift: Vorliegende Arbeit wurde bereits am 28. März dieses Jahres zum Druck eingesandt, ich konnte in Folge dessen das mittlererweile in diesem Sommer erschienene grosse Werk von Flechsig über die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen in derselben nicht berücksichtigen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXI.

Fig. 1. Querschnitt aus dem Rückenmark eines Hundes, Gegend des Ursprungs des XI. Dorsalnervenpaares. Einen Nervenursprung höher als die Rückenmarksdurchschneidung gemacht war. Die schraffirten Partien der weissen Substanz sind secundär degenerirt. Schwache Vergrösserung. a Centripetale Hinterstrangsbahn. b Centripetale Seitenstrangsbahn.

Fig. 2. Querschnitt aus dem Rückenmark desselben Hundes, Gegend des Ursprungs des XIII. Dorsalnervenpaares, also einen Nervenursprung tiefer als die Rückenmarksdurchschneidung gemacht war. Die schraffirten und die durch kleine Kreise bezeichneten Partien der weissen Substanz secundär degenerirt. Vergrösserung wie bei Fig. 1. Centrifugale Leitungsbahnen: a Hülsen-Vorderstrangsbahn. b Zerstreute Fasern im Vorderstrang. c Zerstreute Fasern im Seitenstrang. d Pyramiden-Seitenstrangsbahn.

Fig. 3. Siehe Erklärung im Text.

Tafel XXII.

Die Figuren zeigen Form und Umfang der secundär degenerirten Partien der weissen Hinterstränge aus den Gegenden des Ursprungs sämmtlicher oberhalb des Schnittes befindlicher Nerven in natürlicher Reihenfolge. Die römischen Zahlen

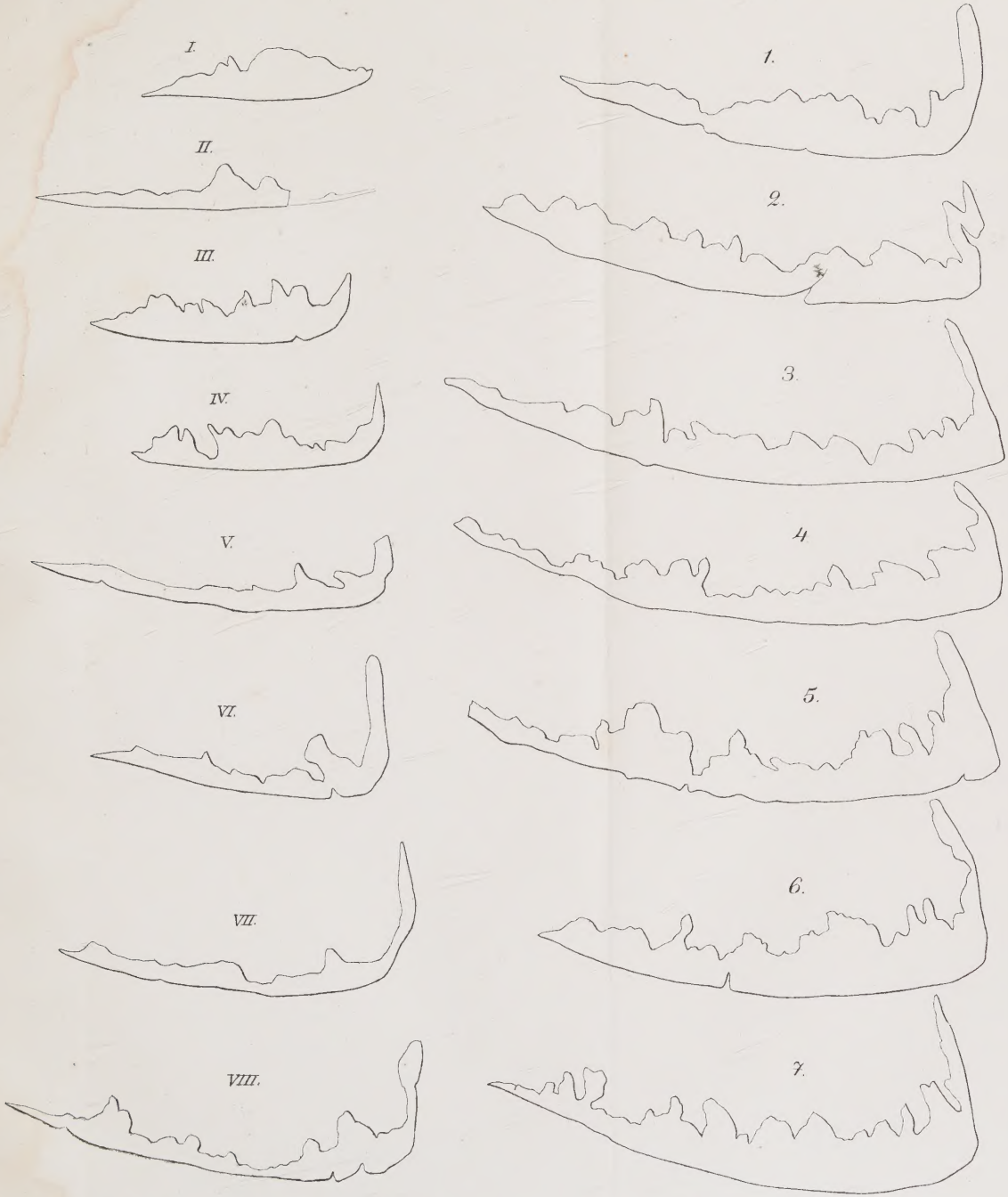
bezeichnen die Halsnerven, die arabischen die Brustnerven, No. 13 d. e. d. N. gehört einem Schnitte aus dem tieferen Ursprungstheil des 12. Brustnervenpaares dicht oberhalb der Narbe an. Hartnack Obj. IV und Oberhäuser'sche Camera lucida.

Tafel XXIII.

Die Figuren zeigen Form und Umfang der secundär degenerirten Partien der weissen Seitenstränge (centripetale Seitenstrangsbahn) genau entsprechend der vorigen Tafel. Bei Hinblick auf Fig. 1 Taf. XXI. wird sich der Leser leicht über diese beiden Tafeln orientiren können.

(Separatabdruck aus Virchow's Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin. Siebenundsechzigster Band.)

1.
a
b
b
2.
a
a
b
c
d
3.
a
b
c
d
s
s
s
s
s
e
p
s1
s1
s1
s1
s1
s1
f
g
h
p
i
p1
p1
p1
k
y



Alb. Schütze Lith. Inst. Berlin.